NATUURKUNDIGE VOORDRACHTEN 1933 - 1934

NATUURKUNDIGE VOORDRACHTEN

NIEUWE REEKS No. 12

VOORDRACHTEN GEHOUDEN IN DE
MAATSCHAPPIJ DILIGENTIA TE 'S-GRAVENHAGE

W. P. VAN STOCKUM & ZN. N.V.
'S-GRAVENHAGE — 1934

INHOUD

Pag.

De macht van het kleine door Prof. Dr. D. H. WESTER 1

Iets over gezonde en zieke nieren door Prof. Dr. L. POLAK DANIELS 13

Planten en dieren op de hoogste bergtoppen van Java door Prof. Dr. W. M. DOCTERS VAN LEEUWEN 32

Descartes als Wis- en Natuurkundige door Dr. C. J. DIJKSTERHUIS 43

De ontstaangeschiedenis van den Nederlandsch-Indischen Archipel in het licht van het zwaartekrachtsonderzoek met Hr. Ms. K. XIII door F. A. VENING-MEINESZ . . . 51

Dubbele innervatie, centraal en sympathisch zenuwstelsel door J. BOEKE 62

Over de atoomkernen door Prof. Dr. A. D. FOKKER . . 72

Röntgenanalyse en de Mineralen der Aardkorst door Dr. J. M. BIJVOET 87

Bacteriologische techniek door Dr. S. L. SCHOUTEN . . 99

Demonstratie van verschillende bijzondere gasontladingsvormen door Prof. Dr. H. B. DORGELO 106

Zonnevlekken door Dr. M. MINNAERT 114

Voortplanting van de omroepgolven over Nederland door BALT. v. d. POL 124

DE MACHT VAN HET KLEINE

door

Prof. Dr. D. H. WESTER.

Weinig begrippen zijn zóó *betrekkelijk* als *„groot"* en *„klein"*. Wij menschen zullen een zandkorrel zonder twijfel als een *klein* object beschouwen. A fortiori geldt dat natuurlijk wanneer we deze zandkorrel van b.v. 1 mm^3 plaatsen naast een rotskubiek met 10.000 m ribbenlengte, hooger dus, dan de hoogste bergtoppen. Maar diezelfde zandkorrel wordt een geweldige reus van 10.000 m in het kubiek wanneer we hem afmeten naar de grootte van een waterstofatoom. Want deze verhouden zich onderling als volgt:

waterstofatoom à 1 tienmillioenste mm × 10.000.000 = zandkorrel à 1 mm;

zandkorrel à 1 mm × 10.000.000 = rotskubiek à 10.000 m.

Bovendien echter hebben we in den loop der eeuwen onze begrippen van „het grootst" en „het kleinst" steeds moeten verplaatsen. Zoo gold tot voor eenige eeuwen de aarde als het grootst. Zij werd van haar paedomineerende plaats verdrongen door de zon, die volgens latere berekeningen 1.250.000 × zoo groot is. Sinds 1920, toen de eerste reuzenster door MICHELSON gemeten is (Betelgeuze uit Orion), is echter gebleken, dat die groote zon nog weer een dwergje is, vergeleken bij deze hemellichamen, welke 300 × de diameter van onze zon hebben. Zoo hebben we onze voorstellingen van de grootste lichtsterkte, de hoogste temperatuur, de verste afstand, de grootste golflengte, enz. enz. steeds verder moeten verruimen en zijn ook onze gedachten steeds verder gevlogen in de oneindigheid der tijden.

Maar keeren we nu terug tot „*het kleine*" in het bizonder. Omtrent een „begrips-definitie" zitten we voor dezelfde moeilijkheden als we zoo juist voor „het groote" toelichtten. We zullen ons daarom bij een bespreking van „de macht van het kleine" maar direkt tot voorbeelden wenden. Daarbij onder „macht" natuurlijk te verstaan: sterk effect, als regel onverwacht sterk; d. w. z. schijnbaar onevenredig aan de hoeveelheid stof, welke in het spel is. Wij kennen uit ervaring allen voorbeelden daarvan. Eén moge voor ons het begrip toelichten, een ontleend aan het gebied der riekende stoffen.

Wij weten: wanneer we een stukje *muskus* leggen in een gesloten vertrek van 50 m^3 inhoud, zullen we na eenigen tijd in alle hoeken de penetrante geur kunnen waarnemen. Blijkbaar zijn dus overal muskusdeeltjes aanwezig. Toch kunnen we zelfs met een gevoelige analytische balans geen gewichtsvermindering van de muskus waarnemen. Welke stofhoeveelheden zijn hier dan wel in het spel?

Daaromtrent worden we b.v. ingelicht in de litteratuur betreffende de zgn. *niesgassen*, welke onder de chemische strijdmiddelen in den grooten oorlog een zoo belangrijke rol speelden. Reeds 0.005 mg per m^3 lucht is met ons reukorgaan waarneembaar en bij 0.25 mg per m^3 is zelfs het verblijf in die atmosfeer onmooglijk (Unerträglichkeitsgrenze).

Zoo bleek ook één vierhonderdzestigduizendmillioenste gram *mercaptaan* in 50 cm^3 lucht nog waarneembaar, aangenomen, dat alle moleculen op onze reukcellen terecht komen. Hoeveel eclatanter nog is waarschijnlijk de macht van het kleine bij het reukorgaan van het dier (speurzin van de hond, enz.!). Hoe interessant zou het zijn, b.v. de proef van FABRE, die vaststelde, dat de geur van een vrouwelijke vlinder de mannetjes uit kilometerverren omtrek aanlokt, eens kwantitatief te bestudeeren.

Ik gaf hier enkele cijfers betreffende de macht van het kleine. Ze zouden met tientallen aangevuld kunnen worden. Ik zou b.v.

kunnen wijzen op de geweldige werking, welke de *vitaminen* op het dierlijk organisme kunnen uitoefenen. Zoo heeft men b.v. vastgesteld, dat het kunstmatig bereide vitamine-C reeds antiscorbutisch werkt in een dosis van 20 à 30 γ (1 gamma = 1 millioenste gram). Nog verbazingwekkender is het effect van het gekristalliseerde kunst-vitamine-D_2, van welke de antirhachitische grensdosis 0.000.0015 mg is.

Ook de zoogenaamde *hormonen*, producten van de interne secretie der dieren, zijn voorbeelden van buitengewone activiteit. Ofschoon b.v. van het manlijk geslachtshormoon slechts 15 mg voorkomt in 25.000 l urine, d. i. in een concentratie 1 : 1 6000.000.000, is toch deze urine als zoodanig actief. De enorme werkzaamheid dezer hormonen blijkt b.v. ook wanneer we becijferen, dat een volwassen koe slechts 0.002 mg bevat van het voor hare functies zoo uitermate belangrijke ovariaalhormoon.

Liever echter, dan in dezen trant met opsommingen voort te gaan — wat allicht saai worden zou — wil ik enkele belangrijke uitingen der macht van het kleine iets uitvoeriger behandelen. Te weten: katalyse, oligodynamie, het katadyn-procédé, de proeven van KOLISKO en de proeven van PFEIFFER.

Katalyse. Onder katalysatoren verstaan we, simplistisch uitgedrukt, *reactieversnellers* of *reactievertragers*. Spreker laat als voorbeeld zien de katalytische werking van platinaspons op de chemische reactie tusschen lichtgas en luchtzuurstof. Zonder katalysator merken we van deze inwerking niets. Houden we eenige oogenblikken het *platinasponsje* in de gasstroom, welke uit een geopende gasbrander stroomt, dan begint weldra het platina te gloeien tot tenslotte de temperatuur voldoende hoog is geworden om de gaskolom te doen ontvlammen. De werking wordt als volgt verklaard. Op het zéér groote oppervlak van platinaspons concentreert zich luchtzuurstof. Zoo ook uitstroomend lichtgas. In die omstandigheden kan reactie intreden, waardoor chemische reactie-

warmte ontstaat enz. tot de ontvlammingstemperatuur bereikt is. Het platina blijft onveranderd.

We kennen vele van zulke katalytische werkingen en veelal zijn de daarbij vereischte hoeveelheden katalysator zóó gering, dat ze prachtige voorbeelden zijn in een voordracht over de macht van het kleine. Spreker demonstreert dat met een oxydatie van joodwaterstof (HI) door waterstofperoxyde (H_2O_2). Daarbij komt jodium vrij, dat zichtbaar te maken is met verdunde stijfseloplossing, welke daardoor intensief blauw gekleurd wordt. Spreker laat nu zien hoe sterk *ammoniummolybdaat* deze reactie versnelt (positieve katalysator) en hoe sterk *hydrochinon* haar vertraagt (negatieve katalysator). Toch bevatten de reactiemengsels slechts ongeveer 0.4 mg der beide katalysatoren en wel in een concentratie 4 : 3.000.000.

Van de verschillende cijfers welke verder worden meegedeeld om het schijnbaar bovenmatig effect van katalysatoren toe te lichten, frappeert vooral dat betreffende *osmium*. Dit versnelt de waterstofperoxydeontleding (in water + zuurstof) reeds in een concentratie 9.10^{-10} per cm^3. Dat komt neer op $\frac{9}{1000}$ mg op een emmer vloeistof à 10 l, of wel op een emmer nog 10 × minder stof dan wij met onze nauwkeurige analytische balansen nog juist zouden kunnen waarnemen.

Véél is er over katalyse en katalysatoren te vertellen. Ze spelen een groote rol bij in de natuur voorkomende processen en bij industrieën. Wat de laatste betreft zij gewezen op de katalytische procédés der vetverharding (Zwijndrecht), der stikstofbinding (Lutterade, IJmuiden, Sluiskil) en der steenkool-vervloeiing. Elk jaar neemt de beteekenis der katalytische procédés toe.

Aangezien katalyse slechts een onderdeel dezer voordracht is kan op vele interessante problemen niet nader ingegaan worden. Spreker weidt alleen nog even uit over de belangrijkheid der katalytische beïnvloeding van sommige *oxydatieprocessen*. Deze

spelen in de natuur (bij roesten en rotten), in het gezonde en zieke organisme (ademhaling, koorts) enz. een zeer belangrijke rol. Stoffen welke dit oxydatieproces versnellen of vertragen doen dit doorgaans reeds in kleine hoeveelheden en hebben dus indirekt b.v. voor onze levensfuncties groote beteekenis. Spreker laat in dit verband der oxydatieprocessen een proefje zien, dat hij nam om voor zich zelf eens na te gaan welke vloeistof *zou kunnen* gebruikt zijn als ontstekingsmateriaal in het geruchtmakend Rijksdagbrandproces. Uit een stuk papier, met wat „actieve" vloeistof overgoten vlogen na eenige minuten door zelfontbranding de vlammen uit. Het was spreker gebleken, dat toevoeging van geringe hoeveelheden terpentijn deze ontstekingsduur belangrijk vertraagde, zoodat dus het tijdsverloop tusschen overgieten en ontbranden vrij nauwkeurig te regelen is.

De hoeveelheden katalysator, welke men bij verschillende procédés noodig zijn, zijn gering. A fortiori geldt de macht van het kleine voor de stoffen welke die katalysatoren kunnen vergiftigen (*paralysatoren*) of tot nog meerdere activiteit prikkelen (*activatoren*). Sporen arsenicum b.v. maken den platina-katalysator van het zwavelzuur-contact-procédé onwerkzaam en soortgelijk sporen acetyleen (uit de fabrieksatmospheer) den katalysator van de stikstofbindingsfabrieken. Ofschoon de strijd van den vernuftigen en machtigen mensch hier slechts tegen minimale stofhoeveelheden gaat, kost het hem dikwijls jarenlange worsteling om de technische overwinning te behalen. Hoe klein die hoeveelheden zijn, blijkt b.v. uit het feit, dat reeds 1 grammolecule zwavelwaterstof per 10 millioen liter, resp. 1 grammolecule blauwzuur per 20 millioen liter in staat zijn de katalytische ontleding van waterstofperoxyde door platina, te verlammen.

Van de activatoren kan hetzelfde gezegd worden. In de laatste jaren heeft de activeering van katalysatoren zich vooral verrassend sterk ontwikkeld in de richting der katalysator-mengsels. B.v. bij

de stikstofbinding (omzetting van lucht-stikstof in meststoffen) en bij de steenkoolvervloeiing (omzetting in waardevollere vloeibare koolwaterstoffen), enz. heeft men zeer gunstige resultaten te boeken.

Terloops zij opgemerkt, dat vele zeer gewaardeerde *geneesmiddelen* uit vroegere eeuwen in heel ander licht komen te staan, i. h. b. de geneeskruiden, wanneer men er de kennis der activatoren en combinatie-werkingen op toepast. De gunstige invloed die sporen arsenicum of koper uitoefenen bij toepassing van ijzer-(zouten) ter bestrijding van bloedarmoede bevestigen de noodzakelijkheid om veel wat (ten onrechte) verworpen is nog eens aan nauwkeurig onderzoek te onderwerpen.

Oligodynamie en het **Katadyn-procédé.** We zullen deze twee onderwerpen samenvatten omdat het laatste een toepassing is van het eerste en de begrippen dus vanzelf in elkaar overvloeien.

In 1893 werden waarnemingen van NÄGELI gepubliceerd, waarin o. m. beweerd werd, dat *sporen* kopersulfaat of een stukje koperdraad, of wat kwik, aan water toegevoegd het leven van b.v. de algen-(wieren-)soort Spirogyra in dat water onmogelijk maakten. Later heeft men ontdekt, dat zulk water óók bacteriedoodend (zgn. *bactericide*) werkt. Spreker demonstreerde dit met agar-agar platen, waarin een dubbeltje, een stukje zilverdraad, een cent en een reepje ijzerblik aangebracht en die daarna met coli-bacillen bestreken waren. In de nabijheid van het zilver en koper hebben zich in de broedstoof géén bacteriën ontwikkeld — ze zijn zelfs met een steriele hof omgeven — wel op het ijzer en overal elders.

Het bleek niet mogelijk zilver in het bactericide water, hetzij langs chemischen weg of wel door weging aan te toonen, zelfs niet toen SAXL 25 liter indampte. Blijkbaar had men hier dus met zeer bizondere werkingen te doen. NÄGELI duidde ze daarom met een afzonderlijke naam aan als *oligodynamisch*. Laten we maar direkt zeggen: later heeft men met gevoeliger methoden kunnen

vaststellen: toch zit er wel degelijk zilver in deze vloeistof, al zijn het infinitesimale hoeveelheden, die het wonderbaarlijke effect veroorzaken. Ook deze werking kon spreker demonstreeren, door gebruik te maken van de gevoelige beïnvloeding der reductie van ferri-(bruin) tot ferro-zout (kleurloos), m. b.v. natriumthiosulfaat. Water, dat 24 uur op een koperdraad gestaan had versnelde deze reductie op zéér frappante wijze en evenzoo een zeer verdunde kopersulfaatoplossing. Deze bevatte slechts 1 : 15.000.000. Zelfs als zij 2000 × geconcentreerder was zou men er met zwavelammonium nog geen koper in kunnen aantoonen.

Had NÄGELI inderdaad zoo iets heel bizonders en „nie Dagewesens" ontdekt? Welneen! Reeds de oude Egyptenaren bedekten wonden met zilverplaten om ettering te voorkomen; vrijwel nooit gaf in den loop der eeuwen het doorsteken van het oorlelletje om een zilveren, gouden of koperen ring of oorbel op te nemen, aanleiding tot infectie; evenmin de metaalplaat, welke sommige volksstammen in hun onderlip aanbrengen, noch het plombeersel, dat de tandarts tusschen zijn vingers gedraaid heeft. Eeuwenlang dus kende men *empirisch* de bactericide werking dezer metalen. *Nu pas* had *de wetenschap* haar bevesting. Ook nu nog stonden vele geleerden sceptisch tegenover deze onbegrijpelijke macht van een stukje „onoplosbaar" zilverdraad e.d. Pas na den oorlog is de studie weer meer intensief ter hand genomen en werd o. m. de vraag: kunnen we deze bactericide werking niet op een of andere wijze dienstbaar maken aan de menschheid herhaaldelijk onder de oogen gezien.

Pas eenige jaren geleden is het, naar het schijnt, aan Dr. GEORG KRAUSE te München gelukt een bevredigende oplossing voor dit probleem te vinden. Hij „blaast" het zilver op een of andere onderlaag, b.v. kwarts, zand, onverglaasd porcelein en krijgt daarbij een neerslag van lamellaire structuur (lantarenplaat), met

groot oppervlak, dat volgens KRAUSE uitmunt door groote activiteit. Deze laatste zou ook na vrij langdurig gebruik op betrouwbare wijze behouden blijven. In de wetenschappelijke wereld staan velen nog vrij sceptisch tegenover deze wonderlijke toepassing der macht van het kleine. Dat heeft zich echter in de ontwikkelingsgeschiedenis der wetenschap bij vrijwel alle nieuwigheden van bizonderen aard voorgedaan en pleit dus allerminst tegen dit zgn. *katadyn-procédé* van KRAUSE. Dit zal zich in de praktijk wel zèlf veroordeelen òf op een eereplaats brengen. Wij willen er hier slechts de aandacht op vestigen en enkele feiten memoreeren. De laatste zijn van verschillende kanten bevestigd geworden en doen ons van dit procédé nog allerlei toepassings-mogelijkheden verwachten. Blijkt het procédé ook op den duur in alle opzichten betrouwbaar, dan kan het zonder twijfel een totale ommekeer brengen in allerlei hygiënische werkwijzen.

Spreker demonstreert in de eerste plaats het sterke bactericide effect met de reeds vroeger genoemde agar-coli-plaat, waarin hij een katadyn-ring (Rasching ring uit een katadyn-sterilisator) geplaatst heeft. Op zeer demonstratieve wijze openbaart dit KRAUSE-preparaat hier zijn bacteriedoodend vermogen (mooie steriele hof!)

Voor practische toepasbaarheid van een sterilisatiemiddel spelen wat voedings- en genotmiddelen betreft natuurlijk een belangrijke rol de *tijd* en de *kwantiteit*. D. w. z. in hoeveel tijd betrouwbare steriliteit bereikt is en hoeveel bacteriën in dien tijd met zekerheid vernietigd worden.

Vroeger bereikte men met oligodynamisch water pas na eenige dagen zekerheid, volgens procédé-KRAUSE binnen enkele uren. Vroeger kon men met oligodynamisch water 10—100.000 kiemen per cc dooden, thans enkele millioenen. KRAUSE deelt mede zelfs eens $^1/_2$ 1 water met 21 millioen bacteriën per cc, in 48 uur gesteriliseerd te hebben.

Ter illustratie van het effect der katadyd-methoden deelt spreker

o.m. de volgende gegevens van Prof. DEGKWITZ mee. Deze nam proeven met 500 cc coli-water, waaraan hij 50 g katadynzand toevoegde:

	niet schudden	*wel schudden*
100.000 coli per cc steriel nà	1 uur	10 min.
500.000 ,, ,,	1—2 ,,	30 ,,
1.000.000 ,, ,,	2 ,,	1 uur.

De methode KRAUSE voldoet, blijkens verschillende door spreker meegedeelde gegevens, dus zeer goed wat tijd en kwantiteit betreft. Bovendien *smaakt* gekatadyniseerd water eer beter dan slechter dan het onbehandelde water (*vele* desinfectantia hebben het nadeel drinkwater een onaangename smaak te geven en zijn reeds alleen daarom onbruikbaar; bij andere, als chloor, blijft dit toch altijd nog een groot bezwaar!). Bovendien somt spreker nog allerlei andere voordeelen der methode op, waarvan wij hier slechts willen noemen: afwezigheid van gevaar voor over- of onder doseering (regelt zich vanzelf, tot een maximum); gemakkelijk in de toepassing.

Een der belangrijkste vragen is hier als laatste bewaard: levert dit desinfectans *geen bezwaar op voor de gezondheid?* SPIRO in Basel en FREUNDLICH in Berlijn hebben langs verschillende wegen de hoeveelheid opgelost zilver in een geactiveerde, *verzadigde* oplossing bepaald en vonden 15—16 millioenste gram (15 gamma) per liter. Zelfs als we dit water 100 × verdunnen, werkt het nog bactericide. Hier hebben we dus wel een zeer eclatant effect van het kleine. Want deze laatste vloeistof bevat slechts 0.000.00015 g zilver per l. Daaromtrent laat ons voorstellingsvermogen ons ten eenenmale in den steek. Ter verduidelijking het volgende. Als iemand elken dag 1 l van dit water dronk, zou hij per jaar nog slechts $^1/_2$ mg zilver tot zich nemen en na 60 jaar dus 30 mg hebben binnen gekregen. Zonder twijfel krijgt iemand in enkele dagen meer mee naar binnen van zijn zilveren vork en lepel. Voor onze gezondheid hebben we dus niets te duchten.

Geen wonder, dat bij zooveel gunstige factoren de *toepassingsmogelijkheden* legio zijn. Reeds zijn voor drinkwatersterilisatie b.v. een soort kruiken in den handel voor huislijk gebruik. Deze kunnen ca. 2 l water bevatten. Ze zijn voorzien van katadyn-Raschingringen van een soort aardewerk. De hoeveelheid zilver die daarop voorkomt is voldoende om 1 millioen liter water te steriliseeren, d. i. toereikend voor een heele famili en een heele levensduur. Voor sterilisatie van kleine hoeveelheden water kan ook dienst doen de „onbreekbare" kralen (ketting) sterilisator. Hier heeft men aan het katadyn-aardewerk den vorm van kralen, aan een snoer geregen, gegeven. Deze zijn gehecht aan den deksel van een doos. Men hangt ze nu in het te katadyniseeren water, b.v. in een waterkan. Van beide vormen laat spreker verschillende lantarenplaten zien, maar bovendien kan hij, dank zij de welwillende medewerking der firma M. J. LEWENSTEIN te Amsterdam, vertegenwoordigster der Deutsche Katadyn Gesellschaft (München) de objecten zelf vertoonen. Spreker las verschillende dankbaarheidsbetuigingen. In het bizonder in het binnenland, bij expedities enz. kunnen dergelijke katadynisatoren natuurlijk onschatbare diensten bewijzen.

Wil men grootere hoeveelheden steriel water bereiden, dan kan men doelmatiger van filtreerinrichtingen gebruik maken. Hier wordt over kwarts-zilver of zand-zilver gefiltreerd. Hoe lang blijft dit echter betrouwbaar? Men heeft b.v. eens over 500 g kwartszand met 10% katadynzilver per dag 40 l water gefiltreerd met 1—2 millioen colibacillen per cc. Na 3 maanden had het filter nog niets aan werkzaamheid ingeboet. Bovendien: wanneer er door een filter, wegens te snel doorvoeren, al eens enkele bacillen mee in het filtraat terecht komen, dan hindert dat nog niet. Want we zagen reeds: het geactiveerde zilver-water werkt zelf óók bactericide. Spoedig zijn ze dus dood.

Vooral ook om de laatste reden is gekatadyniseerd water dus geschikt voor de *steriele bewaring* van spenen, sponsen, kunstgebitten, instrumenten enz., waarbij natuurlijk eventueel tevens

een kralen-katadynisator o. d. toegepast worden kan. Spreker behandelt nog verschillende andere toepassingen, welke we hier slechts even willen opsommen: voor de bereiding van steriel *consumptie-ijs*, voor de steriliseering van *mineraalwater* en *azijn* (reeds véél toegepast), voor het *wasschen* van worst-darmen, voor *vischtransport*, voor *wijwater*. Spreker zou gewenscht achten na te gaan of gekatadyniseerd water niet bruikbaar is voor bereiding van *steriele injecties*. Dat zou hij een zeer belangrijke vooruitgang achten. Ook vraagt hij zich af: is de levensduur van vaasbloemen niet te verhoogen door toevoeging van b.v. een katadyn-ring aan het water.

Ten slotte nog een kort woord over een verbetering in bovenbesproken beginsel. KRAUSE heeft geredeneerd sneller een verzadigde zilveroplossing te kunnen verkrijgen door m. b.v. een zwakke electrische stroom de daarmee evenredige hoeveelheden zilver in ionenvorm van een zilverplaat (als electrode) af te splitsen. Ook zou men dan méér zilver in de oplossing kunnen jagen. Zoodoende zou het mogelijk worden ook in korten tijd véél grooter waterkwanta te steriliseeren, zooals dit b.v. voor *badwater* noodig is. In het stadion-bad te Frankfurt is in 1931 en '32 een proefinstallatie in gebruik geweest. De directeur publiceert, dat hij in geen geval in 1 cc water colibacillen kon aantoonen. Mooier kan het niet. Wellicht dus hebben de electrokatadynisatoren een groote toekomst lantaren-platen!).

Proeven van Kolisko. Alles — of tennaaste bij alles — wat we tot nu toe bespraken kunnen we redelijk verklaren. Bij de proeven van KOLISKO zien we invloeden van zoodanig kleine hoeveelheden, dat b.v. slechts 1 molecule per 100 liter vloeistof aanwezig is. Werken hier electronen òf energieën? We weten het (nog) niet. Laten we ons bepalen tot het weergeven der proeven. KOLISKO werkt met de in de homoeopathie gebruikelijke potentie. Dus b.v. 1 g ferrosulfaat oplossen in 10 g water is de 1e potentie.

Wanneer we weer 1 g van deze oplossing met water tot 10 verdunnen, hebben we de 2de potentie gekregen, d. i. dus een concentratie 1 : 100. Zoo is b.v. de 10e potentie (of verdunning een concentratie 1 : 10.000.000.000.

Spreker liet nu lantarenplaatjes zien van de *bemestingsproeven* van KOLISKO met tarwecultures in potten en van de grafische voorstelling der verkregen resultaten. Later zijn de proeven met andere planten, op andere wijze en zelfs in buitencultuur herhaald. Spreker behandelt deze en wijst in het bizonder op het merkwaardig verschijnsel, dat steeds in den invloed der meststoffen tweemaal een minimum geconstateerd werd, nl. ongeveer bij de 16e en dan nog eens ongeveer bij de 27e potentie.

Proeven van Pfeiffer. Hier is nagegaan den invloed welke geringe toevoeging van plantensappen, bloed e.d. uitoefen op het kristallisatie-beeld van koperchloride. Spreker heeft enkele contrôleproeven genomen, die inderdaad frappante en interessante resultaten opleverden (demonstratie), al zou hij daarmee niet gaarne een definitief oordeel willen uitspreken. De onderzoekingen verdienen echter z. i. serieuze contrôle.

Het zou te ver voeren van al de besproken gevallen hier de redelijke verklaring te geven. Het is echter doorgaans mogelijk. Zelfs dáár, waar materieele en energetische (geestelijke) werkingen in elkaar overgaan en de veronderstelling geboren wordt, dat men in de toekomst den geest der menschen door geringe stofhoeveelheden zal kunnen beïnvloeden. Mocht echter de mensch in een enkel geval (nog) geen redelijke verklaring kunnen vinden, dan verlieze hij zich niet direkt in fantazieën, maar trooste zich met GOETHE'S meesterwoord: „Das schönste Glück des denkenden Menschen ist, das Erforschliche erforseht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren."

IETS OVER GEZONDE EN ZIEKE NIEREN

door

Prof. Dr. L. POLAK DANIELS.

De nier is een der noodzakelijkste organen, noodzakelijk om stoffen uit het lichaam uit te scheiden, stoffen, welke men in overmaat niet zonder schade kan verdragen.

De vloeistof, waarin men deze stoffen uitscheidt, is de urine. Deze wordt in de nieren gevormd. Daar dit een uit vele substanties bestaand waterig vocht is, ligt het voor de hand, dat men zich afvraagt, hoe deze verschillende stoffen uit het lichaam worden weggevoerd.

Noemen we enkele stoffen, welke in de urine aanwezig zijn, op: water, keukenzout, ureum, urinezuur, phosphorzure zouten, creatinine, aminozuren, ammoniak, sulfaten, kalium, calcium en water en vermelden we, dat deze stoffen in zeer wisselende concentratie met het water kunnen worden uitgescheiden, en dat de concentratie daarvan bij normale menschen sterk afhankelijk is van de hoeveelheid van deze stoffen, die in het lichaam aanwezig is. Men kan dan onmiddellijk de conclusie maken, dat de nieren over een groot aanpassingsvermogen moeten beschikken; het ligt ook voor de hand, dat dit groote aanpassingsvermogen ter beveiliging van de gezondheid noodzakelijk is.

Toch zou men zich een en ander zeer eenvoudig kunnen voorstellen als een filter-werking, waarbij die stoffen, die afgescheiden moeten worden, door de mazen van het filter heen siepelen. Maar dan rijst de vraag, waarom niet alle bestanddeelen van het bloed daardoorheen siepelen. Het valt toch moeilijk aan te nemen, dat de

oorzaak daarvan alleen gezocht zou moeten worden in de mogelijkheid, dat de poriën van het filter voor vele deeltjes te klein zijn, dat deze deeltjes daardoor op het filter achter moeten blijven en weer met den bloedstroom verder door het lichaam stroomen. De werking van de nieren is dus gecompliceerder dan die van een eenvoudig filter. We kunnen daaruit reeds vermoeden, dat de bouw van de nier zelf een zeer samengestelde moet zijn.

De nieren zijn gepaarde organen, beiderzijds van de wervelkolom in de buikholte ter hoogte der lendenen gelegen. Ingebet in vet- en bindweefsel, worden ze op hun plaats gefixeerd. Ze hebben den vorm van een bruine boon, liggen met den bollen kant van de wervelkolom verwijderd, met den hollen kant daarheen gekeerd. Aan den hollen kant loost elke nier de door haar gevormde urine in een daaraan bevestigd nierbekken uit. Het nierbekken laat zijnerzijds de urine weer afvloeien in de daarmee verbonden ureter, die ongeveer 25 centimeter lager onder in de blaas uitkomt en daarin de urine laar afvloeien. Daar ter plaatse zamelt de urine zich tot een betrekkelijk groote hoeveelheid aan. Willekeurig kan men zich daarvan door de z.g. urethra ontlasten.

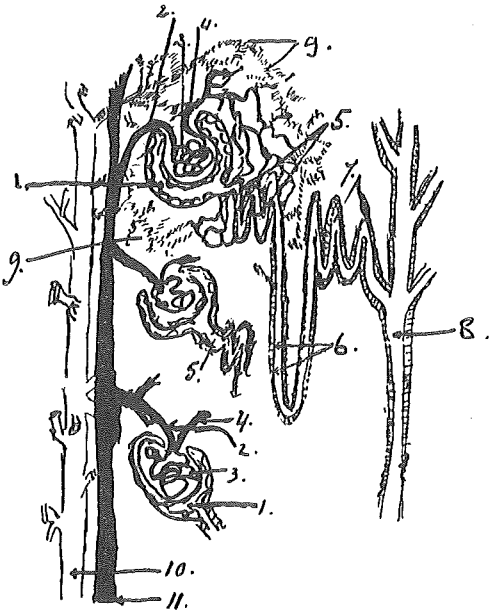
Beperken we onze besprekingen in hoofdzaak tot de vorming der urine, beschrijven we daarvoor in de allereerste plaats de fijneren bouw van de nier zelf: deze is verdeeld in een randgedeelte, dat om het merg-gedeelte heen ligt. Het bast- of randgedeelte bevat de onderdeelen, welke bij de bereiding der urine de grootste rol spelen. Men kan zeggen, dat een nier — in het Grieksch νεφρός geheeten — uit een haast oneindig aantal kleine onderdeelen is samengesteld. Elk dezer onderdeelen werkt geheel zelfstandig en is op zichzelf weer een uiterst gecompliceerd orgaantje. Deze zelfstandig werkende onderdeelen hoort men wel „nephronen" noemen. Hun aantal wordt naar een betrekkelijk onnauwkeurige berekening verschillend opgegeven en o. a. door SCHWEIGGER en SEIDEL voor den mensch op ongeveer 9.000.000 geschat. Schematisch voorgesteld ziet men den bouw van zulk een nephron beginnen in

een dubbel kapseltje, dat een mikroskopisch klein vaatkluwentje omsluit. Dit kapseltje was oorspronkelijk een bolletje, van welks vorming men zich het beste een voorstelling maakt, door zich te denken in de werkplaats van een glasblazer te zijn. Deze gloeit het uitiende van een glazen buisje rood-gloeiend dicht en blaast dit dan uit tot een bolletje. Verhit hij dit bolletje perifeer van de buis weer en zuigt hij dan aan het open eind van zijn buisje, dan zuigt hij het bolletje tot een dubbelwandige, holle schaal in. In zulk een „ingezogen" nieuwe holte ligt het genoemde vaatkluwen; de holte tusschen de beide wanden in, mondt vrij in glazen buisje uit.

Het genoemde vaatkluwen heet glomerulus of Malpigtie'sche lichaampje, de omhullende kapsel heet naar den Engelschman, die dit het eerst beschreef, de Bowman'sche kapsel. De Bowman'sche kapsel scheidt met de glomeruluslis het water der urine uit het bloedvocht, dat zich in de lis bevindt, af. Dit is een levensfunctie, een physiologische werkzaamheid, een functie, zooals in het algemeen in ons lichaam klieren verrichten. Klieren zijn organen met specifiek functioneerend celweefsel. Zulke cellen zijn z.g. epitheelcellen. De Bowman'sche kapsel is dan ook aan de naar elkaar toegerichte zijden van den binnensten en buitensten wand met epitheelcellen bekleed. Een epitheelcel-bekleeding zet zich dan voort in het geheele buizenstelsel, dat van de Bowmansche kapsel af zich verder voortzet (de gewonden buisjes, de lis van Henle, wederom een deel der gewonden buisjes en de rechte buisjes). Al de genoemde onderdeelen van dit buizenstelsel dragen epitheel, dat voor elk onderdeel op zichzelf weer karakteristiek is. Wij zien in de gewonden buisjes den meest gedifferentieerden vorm, de hooge cellen, als het ware bekleed met fijne borstelvormige uitloopers. De cellen, die haar kern geheel naar de basis gedrongen dragen, zijn fijn gekorreld en zoo hoog, dat niets dan een nauw kanaaltje wordt vrijgelaten. In alle verdere onderdeelen liggen de kernen halverhoogte van het cellenlijf, en is het epitheel betrekkelijk

veel lager, doch de fijn-korrelige aard van het protoplasma der cellen is alleen nog in de lis van Henle aanwezig.

Het ligt voor de hand om te onderstellen, dat deze sterk gedifferentieerde, fijnere mikroskopische bouw op een verschil in



Schets van Nephron.

1. Kapsel van Bowman. 2. Toevoerende slagadertak van Malpighi'sche lichaampje. 3. Malpighi'sche lichaampje. 4. Afvoerende slagadertak van Malpighi'sche lichaampje. 5. Gewonde pisbuisje 1ste orde. 6. Lis van Henle. 7. Gewonde pisbuisje 2de orde. 8. Rechte pisbuisje. 9. Adernet 10. Ader, waarin aderlijke bloed wordt verzameld. 11. Slagader, die het gezamelijk-bloed naar de slagaderen van elk nephron brengt.

physiologische werkzaamheid wijst. We zullen hier niet diep op ingaan, doch moeten er straks nog even op terugkomen.

Beschrijven we echter eerst het eigenaardige bloedvatenverloop in de nieren.

Elk orgaan ontvangt de materie, noodig voor zijn behoud, uit

het slagaderlijke bloed. De nier is uit een zeer groot aantal onderdeelen opgebouwd, elk onderdeel heeft dus zijn slagader of arterie. Het is daarom dan ook geenszins wonderlijk, dat, waar voor elke nier al deze slagaderen vertakkingen van de grootere nierslagader zijn, de verdere, fijnere vertakkingen daarvan het gezamenlijke beeld van een scherm vormen. Tusschen elk onderdeel — nierkwabje — in komt een arterie het bloed naar deze kwabjes heenbrengen, deze arteriën buigen zich op de scheiding van merg en bast om en vanuit die bogen ontspringen talrijke dunne arterietjes, die naar den bast heen loopen. Daar vertakt elk arterietje zich tot een klein vaatkluwen — den glomerulus — om zich daarna ook weer te vereenigen en als één slagadertje de kapsel van Bowman te verlaten. Het voor dit orgaantje zoo bijzondere is, dat het vat na zijn vertakking en hereeniging nog steeds slagaderlijk bloed bevat en zich eerst daarna multipel vertakt in zeer talrijke kleine arterietjes, die in fijne haarvaatjes uiteenvallen om het voedende slagaderlijke bloed naar de met epitheel bedekte gewonden en rechte buisjes te brengen. Daar wordt het zuurstofrijke bloed tot koolzuurrijk, aderlijk bloed verwerkt en verzamelt zich, na een aderlijk haarvatennet doorloopen te hebben, in de grootere aderen, die langs denzelfden weg als waarlangs de slagaderen de nieren doorkruisen, doch nu in omgekeerde richting, de nier doorloopen en verlaten, om zich in de onderste holaderen te storten.

Zooals we reeds zeiden, in het Malpighische wondernet wordt in hoofdzaak de urine gemaakt. Maar dit is niet de urine, zooals ze tenslotte de blaas bereikt. De opvattingen omtrent het procédé der vorming van urine zijn nog niet eensluidend. Laat ik er U enkelen noemen. Bowman heeft ook hieromtrent de eerste deugdelijke ideeën ten beste gegeven. Een deel der latere urine werd in de Malpighi'sche lichaampjes uit het bloed bereid; dit was het vocht, terwijl de overige bestanddeelen althans ten deele in de gewonden buisjes zouden worden afgescheiden.

Heidenhain breidde deze beschouwingen uit en meende onder

normale omstandigheden, dat de glomerulus met zijn kapsel een sterk verdunde vloeistof produceert, welker samenstelling die van eiwitvrije lymphe zeer nabij zou komen. Stroomafwaarts zouden daar dan nog stoffen bij komen, t. w. het ureum, urinezuur, hippuurzuur, kleurstof en nog enkele zouten. HEIDENHAIN achtte een en ander het product van de werkzame klierwerking. Naast deze theorie ontwikkelde LUDWIG een andere, een filtratie-theorie. Hij schreef daarbij de rol der uitscheiding van de verschillende urinebestanddeelen meer aan bepaalde onderdeelen van het buisjesstelsel toe; zoo zou in de kapseltjes het bloedvocht, behoudens de daarin aanwezige eiwitstoffen, eenvoudig worden gefiltreerd, terwijl in een bepaald gedeelte der nierkanaaltjes het een en ander, dat reeds was afgescheiden, weder via de epitheelcellen wordt teruggenomen, geresorbeerd. Deze beide theorieën hebben afwisselend de voorkeur gehad. Dat men met een eenvoudige filtratie te doen zou hebben, is beslist onmogelijk, een vergelijking als een filtratie door een fijnmazigen doek of een filtreerpapier zou absurd zijn. De vochtmassa moet door een vlies van dierlijk weefsel heen. Het spreekt dan ook vanzelf, dat HEIDENHAIN'S opvatting van een vlies, opgebouwd uit actief werkzame cellen, zooals bij elke produceerende klier het geval is, steeds weer bijval verkreeg. Maar deze opvatting is zonder meer te vaag.

De Engelschman STARLING heeft hierover zeer fraai geëxperimenteerd. Door de voor zijn studie overtollige organen bij zijn proefdieren weg te nemen, kon hij den invloed der circulatie op de diurese (urinevorming) bestudeeren. In de slagaderen heerscht een zekere druk, de bloeddruk. Deze bloeddruk neemt naar gelang de vertakkingen in kleinere vaten sterker wordt, allengs af. Zoodat men niet kan aannemen, dat deze in de wondernetjes van Malpighi nog erg hoog is. En toch zou deze hydrostatische druk vrij aanzienlijk moeten zijn, wilde hij als eenigste kracht dienen om het waterig vocht van het eiwitrijke bloedvocht af te persen. De urine bevat in den norm namelijk — praktisch gesproken — geen eiwitten, het bloedvocht daaren-

tegen in hooge mate. Eiwitten dringen moeilijk door dierlijke membranen heen, water echter veel gemakkelijker. De eiwitten zijn z.g. colloïde stoffen, d. w. z. ze zijn grof moleculair, zijn in oplossingen niet zoo fijn en zoo algemeen verdeeld als opgeloste kristallen, zooals b.v. zout en suiker. Is er een verdeeling in betrekkelijk grove partikeltjes, dan kan men die zelfs mikroskopisch waarnemen. Eiwitten zijn in hun oplossing kleiner dan het mikroskopisch waarneembare, maar hun oplossing is toch geen absolute. Zoo lost ook Arabische gom op. Zoowel de oplossing van Arabisch gom als de eiwitoplossingen absorbeeren erg gaarne water, ze houden het water zelfs vast. Daarom kan men het opgenomen water er dan ook niet dan onder betrekkelijk hoogen druk van affiltreeren. Dit geldt dus ook voor het bloedvocht. M. a. w. is de bloeddruk op zichzelf voor het proces der urine-water-filtratie een te geringe kracht. STARLING heeft ook aangetoond, dat, zoo hij het bloedvocht met water verdunde, er meer urine door de nieren werd afgescheiden, terwijl omgekeerd, zoo hij aan het bloed, dat hij bij zijn proeven door de slagaderen liet stroomen, Arabisch gom of gelatine toevoegde, dus het colloidale karakter daarvan verhoogde, de urineafscheiding in de nieren werd verminderd.

De druk, waarmee een colloidale oplossing het water vasthoudt, is door STARLING de colloid-osmothische-druk genoemd. Deze staat dus het afvloeien van het bloedvocht als waterig vocht in het buizenstelsel der urinewegen in den weg.

De colloïd-osmotische-druk is een kracht, die men nog niet in zijn factoren kan ontleden. Zeker is het echter, dat de volgende krachten daarbij als factoren gelden: 1°. de druk, waarmee de membraan die stoffen van één kant doorlaat, i. e. de osmotische druk der colloïden; 2°. de zwellingsdruk der weefsels en 3°. de osmotische druk der diffusiebele ionen, welke het resultaat is van het feit, dat een colloïdale stof niet door de membraan wordt doorgelaten, terwijl de cristaloïde deeltjes wel passeeren. De ionen, die niet diffundeeren, beïnvloeden dan de verdeeling van alle overige soorten van ionen op de vlakken van de membraan. Deze ongelijke verdeeling van diffusiebele ionen aan de beide kanten van de membraan vormen het membraan-evenwicht of DONNAN-evenwicht.

Verschillende grootheden dus spelen een rol bij de urinevorming in de Malpighische lichaampjes. Zeker weet men thans, dat de osmotische druk en diffusie daarbij werkzaam zijn. Al de moeilijkheden zijn nog niet opgesomd. Want urine is niet alleen een product van wat er in de glomeruli geschiedt. Ook het verdere buizenstelsel der nieren heeft daarbij zijn taak, ook daar heeft diffusie door dierlijke membranen plaats. Er komt nog meer bij. LUDWIG had reeds de onderstelling uitgesproken, dat de in het Malpighische wondernet afgefiltreerde vochtmassa verderop, in de gewonden buisjes, ten deele weer in het bloed zou worden opgenomen; terugresorptie dus. Het is in den laatsten tijd uit proeven van de Amerikaansche geleerden RICHARDS en SCHMIDT gebleken, dat deze terugresorptie werkelijk bestaat; althans bij kikvorschen, waarbij zij de met bloed kunstmatig doorstroomde nieren onder de loupe konden nemen, zoo glomeruli opzochten en de kapselruimten van BOWMAN met uiterst fijn uitgetrokken glasbuisjes wisten aan te prikken. Ze verkregen daarbij een vloeistof, waarin glycose (= een suikersoort) aanwezig was, terwijl de verderop uitgescheiden urine geen glucose bevatte. Deze glycose moet dus perifeer van de Bowman'sche kapsel geresorbeerd zijn.

Wij zijn, wat de kennis van de physiologie der productie van urine betreft, nog niet voldoende ingelicht. Het is zeer wel mogelijk dat de nieuwere theorieën, door SCHREINEMAKERS te Leiden aangegeven voor de wetten der osmose ons op den duur hierin opheldering zullen verschaffen. Maar ELLINGER'S uitspraak, dat het bij de ontwikkeling der physiologie op den duur zal blijken, dat de afscheiding van urine niets dan een physisch-chemisch proces is en dat hier geen specifieke levensfunctie bij in het spel is, is een voorspelling, die wel heel vergaat. Er zijn n.l. gronden, die erop wijzen, dat in de nier een eigen energie wordt gebruikt. Dit toch pleit voor eigen levensfunctie.

Ik weet niet, of ik mij feitelijk niet moet schamen, hier iets te

vertellen, waaromtrent wij medici zelf nog zoo onvoldoende zijn ingelicht. Men wenscht toch van zijn geneesheer een positieve uitspraak te hooren. Hoe kan de vermelding van een nog zoo vaag terrein, het vertrouwen in de praktijk van ons vak versterken? Er zijn natuurlijk ook in ons vak onderdeelen, die afgerond zijn. Maar zoover ik weet, is dit maar grof. Want in haar finesses zoekt de medische wetenschap niet alleen in hoeken en gaten naar meer licht. De geneeskunde is een wetenschap, omdat men daarin met streng logisch denken dieper kan doordringen, niet omdat men de zaken reeds kent. Hoe dieper men zoekt, hoe ingewikkelder elk probleem blijkt te zijn. Bij de toepassing van elke natuurwetenschap komt zulks aan het licht. Schrikt daarom niet, wanneer het U zal blijken, dat het proces der urineproductie nog veel ingewikkelder is.

Tot nu toe werd nog slechts gesproken over wat in de nieren zelf plaats heeft. Men moet echter niet vergeten, dat de nier dat eerst doet, wanneer de bouwsteenen der urine daarheen zijn gebracht. Ik vertelde U, dat deze met het bloed worden aangevoerd. Ook de aanvoer daarheen, de afgifte der bedoelde stoffen door de weefsels aan de lymphe en het bloed is een samenstel van levensfuncties, die luisteren naar de wetten der physiologie. Spreken we te dien opzichte alleen over de allervoornaamste bestanddeelen der urine: het water, het keukenzout en de stikstofhoudende producten, welke laatste van de eiwitten afkomstig zijn. Het water komt op allerlei manieren door drinken en eten in het lichaam, wordt dan door den darmwand geresorbeerd, en wordt deels via de lever, deels langs anderen weg in het aderlijk bloed opgenomen. Het stroomt dan met het bloed door de haarvaten der longen, waar een deel weer verdampt en met de uitademingslucht het lichaam verlaat. Maar een groot deel komt na passage der longaderen in het slagaderlijk bloed en doorstroomt mede het geheele lichaam, een omgang, die voortdurend wordt herhaald. Alvorens dus al dit vocht de nieren heeft bereikt, kan het uit verschillende deelen van het lichaam stoffen meenemen, die met de urine zullen worden uitgescheiden. Zoo

worden de weefsels doorspoeld. Men begrijpt, dat er geen open contact tusschen de bloedbaan en de doorstroomde weefsels bestaat. Dus ook bij de uitwisseling der producten uit allerlei weefsels en het bloed, zullen zich processen afspelen, analoog aan wat voor de urineproductie in de nieren zelf is verteld. Ook daar geschiedt de stofwisseling met inachtname der wetten van diffusie, osmose en resorptie. Ook hier is een colloid-osmotische druk, die de afgifte van bloedvocht naar de weefsels bemoeilijkt en die op zijn beurt in de weefsels de resorptie van weefselvocht in het bloed beïnvloedt. Daartegenover werkt ook hier weer een hydrostatische druk, die het uitzweeten van het vocht uit de bloedbaan bevordert. Wil in de slagaderlijke capillairen het vocht uit het bloed naar de weefsels treden, dan moet dus de kracht van den hydrostatischen druk (den bloeddruk) hier grooter zijn dan die, welke wordt vertegenwoordigd door den colloid-osmotischen druk, terwijl zulke drukverhoudingen, wil het weefselvocht in de aderlijke capillairen weer worden opgenomen, daar juist weer omgekeerd zal moeten zijn. Voor een regelmatig afstroomen van vocht naar de weefsels en een weer opnemen van dat vocht in het aderlijk bloed zijn allerlei eigenschappen, zooals colloidale samenstelling, reactie van 't bloed en van de weefsels, dus allerlei toestanden der vochten en weefsels, die bij een normale regulatie dienst doen. Maar zijn de factoren, die deze regulatie moeten bewerken, gestoord, dan komt er of te weinig vocht in het cellige weefsel, of het opgenomen vocht kan niet afstroomen. Het moet duidelijk zijn, dat dit van invloed op de urine-productie zal zijn; de vorming van urine is dus het resultaat van zeer veelzijdige processen, die zich afspelen op zeer vele plaatsen, verspreid over het lichaam. Ik schrijf deze conclusie hier neer op grond van het reeds vermelde, doch meer kracht krijgt zij nog, wanneer men bedenkt, dat hiermede de invloed van het zenuwstelsel, het centrale en het vegetatieve zenuwstelsel in het spel is.

Tot zoover bespraken we iets van wat er in gezonden toestand

gebeurt. Om te begrijpen, wat er onder ziekelijke omstandigheden plaats heeft, hoe daar de urinevorming quantitatief en qualitatief gestoord kan zijn, zou het zeker uiterst nuttig zijn in het normaal physiologisch gebeuren absoluut zekere aangrijpingspunten te bezitten. Wij moeten ons op het niveau van de huidige physiologie plaatsen. Ook al is dit nog niet volledig klaar, haar pijlers lijken juist. De streng logische redeneeringen en experimenten, die de basis vormen voor de opvattingen der physiologen betreffende de vorming der urine moeten in den grond wel juist zijn. De cliniek vindt daarin dan ook sterke aanhoudingspunten. Ik wil daarvan zeer enkele voorbeelden geven. Zien we voor heden af van een bespreking van een indeeling naar de anatomische localisatie der aandoeningen van de nieren, maar bespreken we eenige algemeene toestanden, zooals ze bij dubbelzijdige, algemeene nieraandoeningen voorkomen.

In de eerste plaats de acute ontsteking der nieren, een ziekte, waarbij o. a. bloed in de urine komt. Deze aandoening treft men vaak als een complicatie bij bepaalde acute infectieziekten aan, en wel voornamelijk na roodvonk, ook wel na een ontsteking der tonsillen. Wie de patiënten nauwkeurig onderzoekt, vindt daarbij vaak een opgezet gelaat en een licht verhoogden bloeddruk, welke vaak slechts erg kort van duur is. In andere gevallen weer zijn de patiënten zuchtig en is er nauwelijks een afwijking in de urine te vinden, is de bloeddruk niet verhoogd. In weer andere gevallen van acute nephritis — vooral bij kinderen waargenomen — worden de afwijkingen in de urine sterk op den achtergrond gedrongen door het optreden van hersenenverschijnselen, stuipen, gezichtsstoornissen, waarbij men een hoogen bloeddruk en hartkloppingen waarneemt. Welke verschijnselen in de verschillende types ook domineeren, een kortere of langere periode, waarin de lijder veel te weinig watert, komt vrijwel altijd voor. Ik noemde deze verschillende typen, doch wat erbij opvallend is, en waarop ik hier de aandacht wil vestigen, is, dat naast

de meer of minder uitgesproken verschijnselen, die onmiddellijk van de nier afhankelijk zijn, er ook algemeene stoornissen zijn, die op elders, dus buiten de nieren gelocaliseerde processen berusten. Buiten de nieren, extra-renaal dan, zijn de verschijnselen van hoogen bloeddruk en hartkloppingen, vaak ook van waterzucht en van stoornissen in het zien. Dit zijn gevolgen van plaatselijke veranderingen in de fijnste slagaderlijke haarvaten, veranderingen, die men in het mikroskopisch beeld kan waarnemen. Gerechtvaardigd is daarom de vraag, of zulke gevallen, waarin het wondernet van Malpighi de zetel der nieraandoening is, niet veeleer een aandoening van de algemeene over het lichaam verspreide bloedhaarvaten zijn, zoodat de nieraandoening niet anders dan als een der vele localisaties van de aandoening der kleinere vaten moet worden beschouwd.

Een nadere bespreking van het hier ook genoemde verschijnsel der waterzucht moet nu volgen. Het licht voor de hand de oorzaak daarvan in de eerste plaats te zoeken in een verhoogde doorlaatbaarheid der wanden van de zieke bloedvaten zelf. Daarom behoeven de verschijnselen van bloeddrukverhooging en waterzucht niet altijd beide aanwezig te zijn.

Niet altijd laat het optreden van waterzucht zich bij nieraandoeningen aldus verklaren. Bij bepaalde vormen staat het optreden van waterzucht sterk op den voorgrond. Dit zijn deels ook gevallen van acute nierontstekingen. Maar de nierafwijking heeft zich daarbij niet tot de bloedvaten uit het wondernet beperkt. Men zal zich herinneren, dat ik bij de beschrijving van het vaatverloop der nieren heb verteld, dat, nadat het wondernet is gevormd, het klein slagadertje de kapsel van BOWMAN verlaat, om zich dan in een zeer groot aantal slagaderlijke haarvaatjes te vertakken, haarvaatjes, die, het bloed naar de met epitheel bekleede nierbuisjes brengen. De voorstelling zou gedwongen zijn om te denken, dat, waar het slagadertje van het vaatkluwen ziek is, de voeding der verderop gelegen epitheliale orgaantjes ongedeerd bleef. Ook deze

gaan lijden en naast de nierontsteking der wondernetjes ontaardt het epitheel der pisbuisjes.

Wordt zulk lijden erg, dan komt er heel veel eiwit in de urine, lichaamseiwitten, bloedeiwitten, die de beschuttende epitheelmembraan der kapseltjes en pisbuisjes passeeren. Deels is dat epithelium zelfs al afgestooten. Dit beteekent een verlies aan eiwitten en dit leidt tot de vorming van waterzucht (oedeem), wat reusachtige afmetingen kan aannemen. Ook hier is de vraag op haar plaats: is dit oedeem nu zonder meer een gevolg der zieke nieren, of kan men hierin ook weer een algemeene reactie zien?

Om deze vraag te beantwoorden, bespreken we liever eerst een anderen vorm van nieraandoening, een waarbij de met epitheliale cellen bekleede gekronkelde pisbuisjes evenzoo sterk ontaard zijn, waarbij het bloedvatensysteem echter ongedeerd is gebleven. Dus nu geen ontaarding door de vaataandoening, doch een ontaarding der epitheliën, die veelal geacht is op zichzelf te staan.

Zulk een toestand berust niet op plaatselijke ontstekingen. Inplaats van nephritis — wat nierontsteking beteekent — heeft men ze dan ook nephrose genoemd. Men kent ze in acuten of chronisch verloopenden vorm. Eén dezer vormen, waarbij een vetachtige ontaarding der eiwitten van het protoplasma der epitheliën bestaat, heet de chronische lipoide nephrose. Zij kan op een tuberculose, of syphilis berusten. Ook uit onbekende oorzaak kan zij zich ontwikkelen.

Voorop moeten we stellen, dat deze ontaardingsvorm bijzonder zelden voorkomt. De Amerikaan, EPSTEIN, heeft daarvan een bijzondere studie gemaakt. Daarbij heeft hij een aanzienlijk verlies aan eiwitgehalte van het bloedplasma [1]) gevonden. Uiterst belangrijk wordt deze ontdekking, wanneer men weet, dat de vermindering van het eiwitgehalte gepaard gaat met het ontstaan van oedeem. Nader onderzoek hiervan heeft aan het licht gebracht, dat de

---

[1]) Bloedplasma = van zijn bloedcellen ontdaan bloedvocht.

verschillende soorten van eiwitten uit het bloedplasma hierbij een ongelijke rol spelen, dat een vermindering van het albumine [1]) daarbij wel den grootsten invloed heeft, een vermindering van het globuline een geringere en dat het fibrinogeen daarbij van geen beteekenis is. Deze onderzoekingen van EPSTEIN zijn door anderen met gelijke uitkomsten nagewerkt. De beteekenis daarvan wordt eerst duidelijk, wanneer men weet, dat een vermindering van het albumine tegenover het globuline een aanzienlijke verlaging van den colloïd-osmotischen-druk veroorzaakt. Ik behoef nu slechts te herinneren aan hetgeen reeds is gezegd, dat de colloïd-osmotische-druk een kracht is, waarmee het vocht aan de eiwitten wordt gebonden; zoodat een verlaging daarvan tengevolge zal hebben, dat het vocht van het bloedplasma door de wanden der capillairen, die overal over het lichaam verspreid liggen — heendringt naar het celweefsel, waar een hooger colloïd-osmotische-druk heerscht. Het bloed-water treedt dus buiten de wanden der bloedvaten, er ontstaat waterzucht, oedeem.

Is het aldus duidelijk, dat bij een patiënt, die albumine verliest, een algemeen oedeem kan optreden, dan is het voor het verkrijgen van een goed algemeen inzicht in het ziekelijk gebeuren bij een bepaalden patiënt, nog noodig te weten, waardoor hij dit eiwit verloor. Bij een bepaald nierlijden (o. a. lipoïd nephrose) kan het eiwit, dat dan met de urine wordt uitgescheiden, de oorzaak zijn. Maar evenzoo goed kent men ziekelijke toestanden, die bij voedingsstoornissen een eiwit tekort veroorzaken, waarbij oedemen optreden. Buiten eenig nierlijden om, in tijden van hongersnood, komen oedemateuse toestanden voor, waaraan een analoge verklaring moet worden gegeven. Bij zulke oedemateuse patiënten neemt het oedeem toe, wanneer ze keukenzout gebruiken. Vroeger zag men in het keukenzout en wel in het bijzonder in het chloor, dat een

---

[1]) Albumine, globuline en fibrinogeen zijn verschillen eiwitsoorten in het bloedplasma.

bestanddeel van dit zout vormt, de oorzaak, dat er retentie van vocht in de weefsels ontstond. Dit is gebleken niet juist te zijn; in de eerste plaats is het niet de factor chloor maar het natrium van het keukenzout, dat in casu de neiging tot vocht-aanzameling verhoogt, en in de tweede plaats is het meer het oedeem-vocht, dat het keukenzout adsorbeert dan omgekeerd het zout, wat het oedeem vermeerdert. Onthoudt men zulken lijders alle keukenzout, dan wateren ze onmiddellijk al het overtollige, geretineerde vocht weer uit. Daaruit valt ook al te concludeeren, dat niet de ziekte der nieren de onmiddellijke oorzaak der gebrekkige productie van urine was, doch dat in dit geval de onmiddellijke schuld daarvan meer extrarenaal is te zoeken. Een nadere verklaring van dit mechanisme hebben we reeds gegeven. De onderstelling, dat het eiwitverlies der nieren hier oorspronkelijk schuld aan is, is wel juist, maar de veranderde neiging van het verspreide celweefsel om vocht te adsorbeeren, is nu een eigenschap dezer weefsels zelf geworden [1]). Zulke weefsels hebben een plaatselijke neiging tot vochtaanzameling verkregen, een eigenschap, welke door VOLHARD kenmerkend als „Oedembereitschaft" is geduid.

Ik heb zoo een kind gekend met nephrotische oedemen, waarbij alle oedemen reeds langen tijd geleden door de toediening van een schildklier-praeparaat waren uitgescheiden, toen de noodzakelijkheid bleek, om hem een kleine operatie in de neus-keelholte te laten ondergaan. Zijn operateur was driftig, hijzelf toen niet rustig. Een klap in zijn gelaat was een niet juist te rechtvaardigen gevolg. De gevolgen waren daags daarna te zien: een sterke oedemateuse zwelling van de getroffen wang verried door den typischen afdruk van groote vingers, de aanraking van des operateurs weldoende hand.

De nieraandoening, welker verschijnselen wij hier bespraken,

---

[1]) Ook kent men een geval (JUNGMANN), waarbij een analoog sterk oedeem eenigen tijd bestond, toen tenslotte de aanvankelijk gezonde nieren ziek werden.

heeft haar localisatie in de cellen der gewonden buisjes. Hoe wanstaltig dik, door het oedeem opgezwollen, zulke patiënten er ook kunnen uitzien, toch is genezing vaak op slag mogelijk, wanneer men hun een eiwitrijke voeding geeft. Het is begrijpelijk, dat het eiwitverlies daardoor kan worden hersteld en de veranderingen in den colloïd-osmotischen-druk verdwijnen, waarna het oedeem ook verdwijnt. Van meer belang en wel voor het verdere leven zijn de eerst besproken ziekten, die welke in de wondernetten zetelen. Genezen dezen niet — en dat is zoo zeldzaam niet — dan ontwikkelen zich op den duur chronische afwijkingen. Het proces, dat het geheele systeem van glomeruli kan treffen, kan vlug of langzaam voortgaan, zal dan op den duur tengevolge hebben, dat een steeds kleiner gedeelte van het geheele systeem van glomeruli werkzaam blijft. Het spreekt vanzelf, dat het gevolg is, dat de nieren niet meer alle substanties in voldoende mate kunnen uitscheiden en het niet uitblijft, dat de lijder daarvan de schadelijke gevolgen zal ondervinden.

In den aanvang heb ik erop gewezen, dat de bloeddruk een kracht is, die een factor bij de vochtuitdrijving in de capillairen van het wondernetje vormt. Ook hebben wij vermeld, dat de capillairen van het geheele lichaam bij een nierontsteking kunnen blijken ziek te zijn. Deze veranderingen der vaten zullen in 't algemeen tot een verhoogde spanning der bloedvaatwanden en een verhooging van den bloeddruk leiden. Dit kunnen veel patiënten zeer langen tijd, zelfs zonder lasten, verdragen, de gevolgen van dien te hoogen bloeddruk kunnen zich langzaam of plotseling doen gevoelen. Het hart zal het bloed voortdurend tegen den hoogen druk in de vaten moeten wegpompen, zoodat zijn kracht zal moeten toenemen, wil het aan de hoogere eischen kunnen blijven voldoen. Men begrijpt, dat dit niet altijd gelukt en dat het hart dan zal wijken voor den te hoogen druk. Zulke lieden worden daar de dupe van, een hartzwakte doet zich gevoelen met alle gevolgen daarvan. Ook hierbij ontstaan oedemen,

doch nu niet wegens gebrek aan plasma-eiwit, maar door het slechter worden der hydrostatische verhoudingen in het bloedvaatstelsel. Ook kan er een bloedvat, tegen den hoogen bloeddruk niet bestand, barsten; de gevolgen zullen dan afhankelijk zijn van de plaats, waar de bloeding zich bevindt en van den ernst van het bloedverlies.

Maar er kan nog iets heel anders gebeuren, iets, wat zoowel in het acute stadium, maar vooral op het einde van het chronische beloop, kan ontstaan. De nieren voeren de stoffen niet uit, die daarheen worden gevoerd ter verwijdering uit het lichaam. Daardoor ontwikkelt zich vlug of langzaam een vergiftigingstoestand, die van oudsher uraemie is genoemd.

Tot op den huidigen dag weet men nog steeds niet precies, welke stoffen het zijn, die deze vergiftiging feitelijk te weeg brengt. Maar 't is wel zeker, dat het de stikstofhoudende, chemische ontledingsproducten der eiwitten zijn. Men kan ze dan ook in een betrekkelijk aanzienlijk gehalte in het bloed terug vinden. Het lijden van zulke uraemici is in het algemeen heel erg, temeer daar naast de verschijnselen der vergiftiging ook de gevolgen — boven vermeld — van den hoogen bloeddruk zich bij hen kunnen voordoen. Het ligt niet in mijn bedoeling U zulke ziekelijke toestanden te schilderen, ook niet om U verder in te lichten over andere ziekten met een te hoogen bloeddruk, waarvan het verloop die der chronische nierontstekingen tamelijk nabij komt. Slechts dit wil ik naar voren brengen, dat de verschijnselen van een vergiftiging der hersenen daarbij zeer vaak den boventoon voeren. Maar ook hieromtrent bewaar ik verder het stilzwijgen. Ik heb mij niet tot taak gesteld in dit korte oogenblik alles te leeren van wat velen ten onrechte meenen, dat wij met opzet verzwijgen. Oppervlakkige kennis van ziekelijke toestanden kan bij velen grooter worden geprojecteerd dan de werkelijkheid is.

Wat ik heden beoogd heb, is U een klein kijkje te geven in de nierziekten, aandoeningen, waarvan nu ongeveer een eeuw geleden

de Londensche arts RICHARD BRIGHT als eerste een tipje van den sluier heeft opgetild van het geheimzinnige verband der verschillende verschijnselen, zooals men ze aan het ziekbed kan waarnemen. Deze sindsdien naar hem genoemde Bright'sche ziekten zijn vele, zelfs meer dan deze onderzoeker zelf ooit heeft kunnen vermoeden. Hij heeft geleerd, dat bij dit complex van afwijkingen der nieren in het centrum staan.

Sindsdien is op dit gebied zeer veel gewerkt, zijn op haast elk onderdeel veel beschouwingen gelanceerd. De waarnemingen aan het ziekbed bleken op den duur maar al te vaak niet overeen te komen met de beelden der nierafwijking, die men na den dood kan zien. Samenwerking tusschen clinicus en phatholoog, waarvan in deze VOLHARD en FAHR een schitterend voorbeeld leverden, verbeterden de inzichten wel zeer. Maar de patholoog-anatoom bekijkt altijd maar het laatste moment der aandoening, terwijl het beloop der ziekte, de film van het leven van den zieken mensch naar meer nog vraagt. Een deel van het meerdere leert ons op den duur toch ook nog de patholoog-anatoom, doordat zijn ervaring de veranderingen in bepaalde phasen van het lijden leert beoordeelen. Maar het klinisch gebeuren is physiologie, het clinisch onderzoek kan alleen door physiologische onderzoekingen tot een beoordeeling van toestanden voeren. Ook dit is een onderdeel der ziekteleer. Daarbij moet de geheele mensch worden bestudeerd. Dit heeft ons geleerd, dat elke lijder aan een Bright'sche nieraandoening algemeen ziek is en dat in vele gevallen de patiënt zelfs meer zal lijden door de verschijnselen, die buiten de nier ontstaan, dan door de nierafwijking zelf. Ja, soms dringt zich de vraag naar voren: is bij alle Bright'sche ziekten wel altijd de nier zonder meer het feitelijk aangrijpingspunt. Thans reeds is deze vraag meer dan een academische kwestie. De praktijk houdt hier rekening mee.

Dat zij recht van bestaan heeft, hoop ik U te hebben aangetoond. Het was verre van mij om een poging aan te wenden, U alle gronden daarvoor te vertellen. Er zijn zelfs in de moderne

pathologie toestanden, die in dit kader passen, doch die ik zwijgend voorbij ben gegaan, omdat ik geen kans zag ze U te vertellen, deels omdat het nog te weinig omschreven en verklaarde toestanden zijn, deels omdat ze een aparte inleiding behoeven en de tijd mij daarvoor ontbrak.

PLANTEN EN DIEREN OP DE HOOGSTE BERGTOPPEN VAN JAVA

door

Prof. Dr. W. M. DOCTERS VAN LEEUWEN.

De hoogste bergen van Java vormen geen gesloten keten, geen groep, zoals de bergen van Zwitserland, maar zij staan geïsoleerd of in klein aantal verenigd in de laagvlakte; zodoende rijzen zij allerwege ver boven het laagland uit en zijn er aan alle zijden door omgeven. Het zijn vulkanen, die zichzelf opgebouwd hebben en die in hun eenvoudigste vormen kegels zijn. De toppen van de bergen zijn zodoende veel kleiner dan hunne bases en de toppen staan ver van elkaar, zelfs wanneer de bases elkaar aanraken. Wanneer men Java 2000 m zou kunnen doen dalen, dan zouden slechts de toppen der vulkanen, als steile, kegelvormige eilanden boven de waterspiegel uitsteken en er zou slechts weinig land overblijven. Deze toppen steken dus ver boven de laagvlakte uit en hebben daaraan een eigenaardig klimaat te danken en zij zijn in verband daarmede met een biezondere plantengroei bedekt. De overgang van de plantengroei van de laagvlakte in die van de hogere gedeelten is niet abrupt, integendeel, zeer geleidelijk verandert het beeld van de vegetatie, naarmate men hoger op de bergen stijgt, en hiermede gepaard gaat een geleidelijke verandering van het klimaat.

JUNGHUHN heeft in zijn klassieke werk: „Java, zijne gedaante, zijn plantengroei en inwendige bouw", de plantengroei van Java in vier gordels verdeeld. In de laagvlakte tot op ongeveer 700 m,

de hete zone, vindt men een echt tropisch klimaat met zijn hoge temperatuur; daaraan sluit de gematigde luchtstreek, vanaf 700 m tot ongeveer 1500 m, waar het klimaat niet meer zo heet is, daarna volgt de koele zone, vanaf 1500 m tot ongeveer 2500 m en ten slotte de koude zone, boven 2500 m hoogte gelegen. Deze gordels zijn niet scherp van elkaar gescheiden, op de grenzen gaan ze geleidelijk in elkaar over. Java, een der dichtst bevolkte streken der aarde is echter reeds zodanig in cultuur gebracht, dat de oorspronkelijke plantengroei der twee eerste gebieden op enkele resten na verdwenen is. Ook in de derde gordel is veel door de cultuur veranderd en slechts in het hoogste gebied kan men een vegetatie aantreffen, die van oudsher deze top heeft bedekt, al is ook zelfs hier onder invloed van de mens, branden en houtroof, zeer veel verwoest. Maar deze toppen zijn bedekt door een vegetatie, die tot de beschermde bosgebieden wordt gerekend en al het mogelijke wordt gedaan, om de verwoeste gedeelten opnieuw met houtgewassen te beplanten, te reboiseren.

Het is de begroeiing van deze bergtoppen, die ik aan de hand van een groot aantal lichtbeelden voor U hoop te bespreken. De samenstelling van de vegetatie, haar eigenaardig uiterlijk, de componenten, waaruit de flora bestaat, zijn een bespreking overwaard, en de biezonderheden van de plantengroei hangen samen met de eigenschappen van het klimaat.

Het klimaat in de tropische laagvlakten is monotoon, de temperatuur blijft ongeveer gelijk en schommelt om een hoog gemiddelde en slechts de regenbuien, die tamelijk regelmatig voorkomen, kunnen een geringe afkoeling brengen. Daartegenover staat, dat het klimaat op de hoge toppen zeer grillig is en vaak met korte tussenpozen sterk wisselt. De gemiddelde temperatuur is ongeveer 20° C lager, dan in de laagvlakte. Het kan echter op de toppen warm zijn, wanneer de zon schijnt en er weinig wind is, al blijft de temperatuur gewoonlijk ver onder die van de kuststreken. Bij regenachtig weer en als de hemel met wolken bedekt is, kan het

zeer kil en guur zijn en vaak wisselen zon en bewolking voortdurend met elkaar af. In droge, heldere nachten, die in de Oost-moesson voor kunnen komen, kan het zeer koud worden en de temperatuur tot enkele graden onder nul dalen. Er ontstaat dan ijs op stilstaand water en de lagere planten zijn met rijp bedekt. Ook kan het op deze toppen hagelen, sneeuw valt er niet, daarvoor moet men in de tropen nog veel hoger zijn. Over dit klimaat van de bergtoppen hebben zeer verkeerde voorstellingen bestaan, welke afkomstig zijn van Junghuhn. Deze zei, dat de toppen der bergen boven de zone, waar de wolken ontstaan, uitsteken, zodat het er zeer droog is. Bovendien waaien er gewoonlijk winden uit Oostelijke richtingen, die weinig vocht aanvoeren en als het dan nog eens een enkele maal regent, zegt JUNGHUHN, dan zijn het zachte mieselregens, die gewoonlijk van korte duur zijn.

Volgens hem moet men het bergtoppenklimaat dus droog noemen. Deze opvattingen hebben vaste voet in de botanische literatuur gekregen en de bekende plantengeograaf SCHIMPER verklaart daarmede de eigenaardige bouw der planten en de structuur van hun organen, welke volgens hem een aanpassing zouden zijn aan de droogte van het klimaat. Ook SCHMUCKER sluit zich bij deze gedachte aan, hij noemt het klimaat van de West-Javaanse bergen droog en dat van de bergtoppen in Oost-Java zelfs aride, daar zou dus een woestijnklimaat moeten voorkomen. Niets is minder juist dan deze opvatting. In de eerste plaats stijgen de wolken wel boven de 2500 m en boven de hoogste toppen der vulkanen en zij kunnen daarover weken achter elkaar blijven hangen en in de tweede plaats is de regenval zeer hoog te noemen en het kan er zeer hard regenen ook, al zijn langdurige, zachte regens meer regel. Het gevolg ervan is, dat de atmosfeer van de toppen vaak dagen, ja wekenlang met water verzadigd is, vooral in de regentijd, in de West-moesson dus. In de Oost-moesson komen wel regenvrije dagen voor en vooral 's nachts kan dan de vochtigheidstoestand ver van verzadiging verwijderd zijn, maar dit zijn perioden, die

zelden lang aanhouden. In de laatste jaren wordt door het Metereologies Observatorium geregeld onderzoek gedaan naar het klimaat van de bergtoppen en de waarnemingen hebben onomstotelijk vastgesteld, dat de bergtoppen zeer vochtig zijn. Op de Pangranggo in West-Java valt gemiddeld per jaar meer dan 3400 mm regen en er zijn maanden waarin een regenval van niet minder dan 800 mm is waargenomen. Op de Sindoro-top in Midden-Java werd in Januari 1929 zelfs ruim 1100 mm water opgevangen. De bergen van Oost-Java zijn iets minder regenrijk, dan die van West-Java, maar de regenval is toch steeds ver boven de 2000 mm per jaar. Vergelijkt men daarmede de gemiddelde jaarlikse regenval in Nederland, die ongeveer 600 mm bedraagt, dan kan men daaruit afleiden, dat het klimaat op de bergtoppen zeer vochtig moet zijn. De lange duur van de zachte regens maakt hun invloed op de vochtigheidstoestand van de lucht zelfs groter, dan die van de stortbuien, waaraan de lagere gebieden in de tropen zo rijk kunnen zijn.

Het onderzoek heeft bovendien geleerd, dat de planten volstrekt niet xerophytisch gebouwd zijn, d. w. z. niet zijn aangepast aan een droog klimaat en dat de verdamping zeer groot is. De betekenis van het klimaat voor de groei der planten is meer gelegen in de lage temperatuur, die een echte tropische plantengroei op deze hoogten onmogelijk maakt en men wordt dan ook getroffen door het boreale, het noordelijke uiterlijk van de planten, die er voorkomen. Dit komt niet slechts tot uiting in de bouw der planten, maar ook in de soorten, die er thuis horen. Tal van vertegenwoordigers van de gematigde luchtstreken zijn op deze toppen inheems, zoals Primula's, viooltjes, herfsthooi, bosbessen, kamperfoelie, weegbree en vele ander soorten.

Men noemt de plantengroei van deze toppen in analogie van de begroeiing der Alpen, gewoonlijk alpien. De echte alpiene vegetatie bestaat echter voor een belangrijk gedeelte uit kussenplanten en spalierstruiken. Kussen- of polsterplanten zijn min of meer kogel-

vormig, omdat de plant sterk vertakt is en deze vertakkingen op een dichte hoop zijn opeengedrongen. Men kent ze van de hogere delen der Alpen en zij zijn ook in de rotstuintjes vertegenwoordigd. Spalierstruiken zijn kleine heesters, waarvan de takken dicht tegen de bodem gedrukt zijn, zodat ze grote oppervlakten kunnen bedekken. Maar men verstaat bovendien onder alpiene vegetatie, de plantengroei, die boven de boomgrens voorkomt. Wanneer men een Zwitserse berg bestijgt, dan bereikt men ten slotte een punt, waar de boomgroei ophoudt, er komen hoger nog wel enkele exemplaren voor, maar zij zijn slecht ontwikkeld en zij vormen geen wouden meer. Deze boomgrens wordt op Java nergens bereikt en dus kan er ook geen echte alpiene flora voorkomen, bovendien ontbreken de kussenplanten en de spalierstruiken volkomen. Er zijn wel bergen op Java, waarvan de toppen geen boomgroei vertonen, maar dit is niet een gevolg van de hoogte, maar van vulkanische werking, die boomgroei onmogelijk heeft gemaakt. Op de top van de Semeroe groeien niet alleen geen bomen, maar ook geen andere planten en hetzelfde geldt voor de Merapi en de Slamat. Op bergen, die langen tijd geen werking meer hebben vertoond, is de top steeds met boomgroei en met bos bedekt. Wel komen er overal kale met gras en kruiden begroeide stukken voor, maar deze liggen vaak ver onder de plaatsen, waar nog bossen voorkomen. Toch is de plantengroei op de vulkaantoppen anders, dan die van de laagvlakte en daarom zou men de eerste alpinoid kunnen noemen, d. w. z. op de alpiene gelijkend.

Het merkwaardigste is, dat het juist de bomen zijn, die de eigenaardige habitus vertonen, die het karakter aan het landschap geven, de struiken en kruiden zijn meer normaal gevormd, hoogstens wat meer gedrongen, dan in warmere streken. Ook de planten, die op de open grasvlakten groeien vertonen in hun habitus weinig biezondere kenmerken.

Het onderscheid tussen het alpinoide bos en het oerwoud van de laagvlakte is niet alleen ontstaan door de eigendommelijke habitus

van de bomen, maar ook door de samenstelling van het bos en de soorten, die erin voorkomen. In het laaglandoerwoud vindt men een groot aantal boomsoorten, die door elkaar staan, zelden vindt men een groot aantal exemplaren van een soort bij elkaar. Op Java kent men reeds meer dan 1100 boomsoorten. In het alpinoide woud is het aantal boomsoorten tot een twintigtal beperkt en enkele daarvan domineren bovendien. Het meest algemeen is een bosbessoort, *Vaccinium varingifolium*, die niet alleen op alle bergtoppen voorkomt en daartoe ook beperkt is, maar die bovendien soms het gehele bos vormt, waarin de andere soorten verspreid voorkomen. Deze bosbessoort kan tot een hoogte van 10 m uitgroeien met een stamdoorsnede van meer dan 1 m. Bovendien groeit deze plant niet alleen in het eigenlijke bos, maar ook op steenachtige hellingen, oude lavastromen en in de omgeving van nog werkende kraters.

De bomen, die het alpinoide bos vormen, zijn zelden rechtop uitgegroeid, gewoonlijk is de stam krom, bochtig en dicht bij de grond vertakt. De schors is ruw en het hout zeer hard. De takken zijn knoestig en verwrongen en de bladeren, die leerachtig zijn, zijn aan het einde der takken opeengehoopt. Door hun dichte groei, door hun sterke vertakking en grillige vormen ontstaan zeer dichte bosschaadjes, die men met meer recht ondoordringbaar kan noemen, dan de oerwouden uit de laagvlakte. Bovendien is niet alleen de bodem, maar zijn ook de stammen en takken dicht met grote moskussens bedekt en daardoor krijgen deze wouden het bizarre uiterlijk, dat aan deze moswouden eigen is. Maar deze sterke ontwikkeling van mossen, tot in de toppen der bomen, bewijst, dat de atmosfeer niet droog kan zijn, want mossen zijn over het algemeen waterminnende planten. In jong bos en op jonge kraterbodem is het mos gewoonlijk slechts schaars ontwikkeld, de moswouden zijn oude bossen op plaatsen, die dus reeds lang niet meer door vulkanische werking zijn verwoest. Vooral in West-Java kan men dergelijke moswouden tegenkomen, ook in Oost-Java komen zij

voor, maar dan aan de meer vochtige zuidhellingen, waar het bos, uit *Casuarina's* bestaande, vervangen is door gemengd bos. In Oost-Java overheersen de wouden van de bergtjemara, waarop ook wel dichte moskussens kunnen voorkomen, maar toch nooit in zodanige ontwikkeling, als op andere bomen.

De ondergroei van dit moswoud bestaat uit jonge exemplaren van de bomen, die het bos vormen en verder uit heesters, kruiden en epiphyten. Deze laatste bestaan behalve uit de reeds genoemde mossen, ook uit korstmossen, varens en enkele orchideeën.

Op vele plaatsen vindt men nu in deze wouden open plekken, die in hoofdzaak met grassen, lagere struiken en kruiden begroeid zijn. Voor een deel zijn dit nog jonge, onverweerde kratergronden, maar ook op oudere gronden komen de grassteppen voor. Vooral op de bergen van Oost-Java zijn dergelijke open vlakten algemeen. De heester, die het meest daarin opvalt, is de zogenaamde Javaanse Edelweiss, een plant verwant met de echte Edelweiss, maar geen kruid. In het echte bos kan deze plant niet groeien, ze houdt echter van een humusrijke bodem, is daarbij lichtminnend en de best ontwikkelde exemplaren groeien dan ook aan de bosranden; ook in de grasvlakten komen ze voor, maar dan zijn de exemplaren minder goed ontwikkeld. Door hun bleke, grijze kleur geven ze een eigenaardig uiterlijk aan de omgeving, ook al, omdat ze sterk afsteken tegen het donkergroene loof van de bomen, die het woud vormen. Ook enkele andere heesters komen in deze open plaatsen voor, o.m. een hersthooi-soort met grote, gele bloemen, een kamperfoelie, verschillende braamsoorten en tal van kruiden, waaronder *Gnaphalium*-soorten, weegbree, boterbloemen, waterruit, orchideeën en varens. Op enkele bergen komt ook de schitterende *Primula imperialis* voor, een sleutelbloem met bloeiwijzen, die 80 cm lang kunnen worden. De kleinste van de hier voorkomende planten is een *Gentiana*, die met helderblauwe bloemetjes bloeit. Deze *Gentiana* wordt wel eens als een kussenplant beschreven, maar dat is ze toch volstrekt niet. De grasvlakte zelf bestaat uit een

aantal op deze hoogten steeds voorkomende grassoorten en enkele zeggesoorten.

De plantentooi van deze vulkaantoppen bestaat voor een deel uit planten, die ook in lagere gebieden kunnen voorkomen, voor een ander deel uit soorten, die er alleen tuis horen en er juist het boreale, het Noordelike karakter aan geven. Voor de dierenwereld geldt hetzelfde. Ook deze bestaat gedeeltelijk uit dieren, die in lagere gebieden tuis zijn en daar dieren zich verplaatsen kunnen, zwerven ze van laag tot hoog rond. Dit zijn vooral herten, apen en varkens, maar vele soorten blijven toch op de hoge toppen leven, al komen andere vertegenwoordigers van dezelfde soorten ook lager voor. In vroegere tijd kwam ook de *Rhinoceros* op de toppen voor, maar tegenwoordig zijn ze daar niet meer. Op Java vindt men nog slechts enkele exemplaren van deze interessante diersoort, die door de cultuur uit zijn oude schuilhoeken naar enkele onherbergzame oorden is teruggedrongen. Een ander deel van de dieren is echter tot de toppen beperkt. Van de vogels zijn het lijsters, verschillende vruchtduiven, brilvogeltjes en een soort honigzuiger, die gemakkelijk waargenomen kunnen worden. Ook enkele zoogdieren zijn tot dit gebied beperkt, b.v. een bergrat, die bedekt is met een dik haarkleed. De dieren slapen overdag in de moskussens en komen 's nachts te voorschijn, om hun voedsel te zoeken.

Ook onder de insecten komen soorten voor, die het laagland mijden, andere die op bezoek komen. De hommel leeft in Java vanaf ongeveer 1200 m tot op de hoogste toppen der vulkanen, de honigbij is er slechts tijdelijk aanwezig. Vele vlinders en glazenmakers trekken over de bergtoppen.

Daarentegen zijn een groot aantal soorten vliegen bewoners van deze streken; op warme, windstille dagen kan men het gezoem van duizende zweefvliegen horen. Ook vlees- en aasvliegen vindt men er zeer veel. Sommige insectenorden zijn vertegenwoordigd door soorten, die meer in Noordelijke gebieden voorkomen, zodat ook de dieren een overeenkomstig verschijnsel vertonen, als bij de

planten werd beschreven, maar aan de bezoekers, die niet een speciale studie van de dierenwereld maken, valt dit niet zo zeer in het oog, als dat bij de planten het geval is.

Vele bezoekers van de tropen zijn teleurgesteld door het gebrek aan bloemen langs velden en wegen en ook in het oerwoud is de bloemenpracht niet te vinden. Anders wordt het in het hooggebergte, vooral op open plekken. Niet alleen de bloemrijkdom is daar groter, maar het landschap wordt ook sterk gekleurd door de felle tinten van de jonge bladeren, vooral rood is de meest voorkomende kleur. Men zou nu verwachten, dat de rijkdom aan bloemen gepaard zou gaan aan een grote rijkdom aan insecten, maar dit is in genen dele het geval. Eén insect, de hommel, komt altijd en bij elke weersgesteldheid voor. Het is een sociaal dier, dat steeds moet zorgen voor de voeding van de larven, die in de kolonie voorkomen en daarom moet het voortdurend bezig zijn. Maar de andere insecten zijn zeer gevoelig voor de toestand van de atmosfeer; op warme dagen zijn ze algemeen, maar wanneer een wolk voor de zon schuift, dan verdwijnen ze en op kille, mistige en regenachtige dagen komen ze niet te voorschijn. Daar dergelijke momenten veelvuldiger voorkomen, dan zonnige ogenblikken, zijn de bestuivende insecten meestal afwezig. De hommel zou dus al het werk moeten doen, maar dit dier bezoekt slechts een klein gedeelte van de voorkomende bloemen, de andere worden dus betrekkelijk zelden bezocht. Deze planten moeten dus op andere wijze geholpen worden en dat doen ze zelf, omdat het grotendeels zelfbestuivers zijn, d. w. z. het stuifmeel uit de meeldraden komt zonder hulp van de bestuivers op de stempels terecht en insectenbezoek is dus voor deze bloemen niet nodig. Hoe ver deze aanpassing gaat, wordt het frappantste geïllustreerd door de *Primula imperialis*, die op enkele bergtoppen van Java voorkomt. De sleutelbloemen zijn gewoonlijk heterostyl, d. w. z. dat er individuen zijn, wier bloemen een korte stijl en lange meeldraden bezitten, en andere die bloemen dragen met een lange stijl en korte meeldraden. Het onderzoek

heeft geleerd, dat het stuifmeel uit de lange meeldraden op de langgesteelde stempels moet komen en dat van de korte meeldraden op de kortgesteelde stempels om goed zaad voort te brengen, zodat bij deze planten dus kruisbestuiving nodig is. Bij de Javaanse sleutelbloem zijn de bloemen homostyl, d. w. z., dat de helmknoppen even hoog staan als de stempel en gewoonlijk is de stempel reeds in de knop bestoven. Insectenbezoek is dus niet nodig en komt ook nauwelijks voor.

In deze aan insecten arme gebieden, is dus een correlatie tussen deze armoede en zelfbestuiving. Ook andere gebieden met een dergelijk grillig klimaat, waar insecten schaars zijn, zoals Spitsbergen en Groenland vertonen hetzelfde verschijnsel.

Behalve insecten zijn ook vogels bemiddelaars bij de bestuiving van tropiese planten. Op de bergtoppen leven slechts weinig bloemvogels, de brilvogeltjes en een prachtig gekleurd honigvogeltje, maar ook deze dieren bezoeken slechts weinig bloemen en zijn bovendien niet zeer algemeen. De enige belangrijke bestuiver is de hommel.

Men heeft zich vaak afgevraagd, hoe de planten, die het boreale aan de vegetatie van de toppen geven, dat zijn dus de planten, die lager niet voorkomen, op deze toppen zijn gekomen, maar het is niet eenvoudig op deze vraag een afdoende antwoord te geven. Men heeft wel verondersteld, dat in de ijstijden de temperatuur in deze streken zo laag was, dat de bergtopplanten ook in de lagere gebieden voorkwamen en bij het stijgen van de temperatuur door andere planten naar de toppen zouden zijn teruggedrongen, maar men is hier van teruggekomen. De planten moeten dus van berg tot berg zijn verspreid. Daar de vegetatie van de Javaanse bergtoppen nauw verwant, of zelfs identiek is met de plantengroei, die op de bergen van Zuid-Azië voorkomt, meent men te moeten aannemen, dat deze planten Java hebben bereikt over de bergen van Sumatra als tussenstations. Deze verspreiding kan zowel door de wind als door vogels geschieden. Daar het bekend is, dat zelfs

zandkorrels over grote afstanden door de wind kunnen worden vervoerd, mag aangenomen worden, dat ook lichte zaden op deze wijze de bergtoppen hebben bereikt. Maar een groot aantal planten draagt vlezige vruchten, waarvan men weet, dat de verspreiding geschiedt door vogels, die de vruchten eten en de zaden onbeschadigd weer afscheiden. Men zou dus moeten aannemen, dat er vogels op de bergtoppen leven, die van vlezige vruchten leven en die van berg tot berg trekken. Het eerste is inderdaad het geval. De berglijster, de brilvogels, de vruchtduiven zijn echte vruchteneters en zij helpen zonder twijfel bij het verspreiden over de berg zelf. Maar het is niet bekend, of deze vogels van berg tot berg trekken, dit is zelfs in hoge mate onwaarschijnlijk. Trekvogels, die geen vlezige vruchten eten, zouden zaden kunnen vervoeren, wanneer deze aan de veren of poten bleven hangen, maar er zijn slechts weinig planten, die op een dergelijk vervoer zijn ingericht. Er zijn dus nog tal van duistere punten, die voorlopig niet kunnen worden opgehelderd, meer kan ik er U niet van mededelen.

DESCARTES ALS WIS- EN NATUURKUNDIGE

door

Dr. E. J. DIJKSTERHUIS.

Hoewel het philosophisch systeem van DESCARTES van alle kanten is bestudeerd en men zijn leven tot in finesses heeft nageplozen, is er nog weinig diepergaande aandacht besteed aan zijn werk op het gebied van wis- en natuurkunde. Toch is dat gewenscht, niet alleen om zijn aandeel in de ontwikkeling van deze beide wetenschappen exact vast te stellen, maar ook, omdat men de eigenaardigheden van het Cartesiaansche denken in het algemeen wellicht niet beter kan begrijpen dan door den oorsprong daarvan te zoeken in de sterke mathematische begaafdheid, die DESCARTES bezat. De beoefening van de zuivere wiskunde is weliswaar slechts een episode in zijn leven geweest, maar de wiskundige denkvorm is hem steeds blijven beheerschen en zijn mathematische aanleg verloochent zich in geen van zijn producten.

Om DESCARTES als wiskundige te kunnen waardeeren, moet men den historisch-mathematischen ontwikkelingsgang kennen, waarin zijn werk thuis hoort en het wetenschappelijk milieu, waarin het ontstond; dat is bij lezing van een klassiek mathematisch werk in het algemeen een onontbeerlijke voorwaarde. Daartoe is het noodig, de beide onderdeelen der wiskunde te beschouwen, die hij zelf als de wortels van zijn werk opgeeft: de klassieke analyse en de moderne algebra.

De beantwoording van de vraag, wat we onder de klassieke

analyse hebben te verstaan, wordt bemoeilijkt door de spraakverwarring, die er langzamerhand rondom het woord analyse is ontstaan. We kunnen niet denken aan de beteekenis, waarin de hedendaagsche wiskundige het gebruikt als verzamelnaam van die gebieden van zijn wetenschap, die zich van algebraïsche symboliek bedienen en evenmin aan den zin, waaraan de philosophische vakterm analytisch oordeel ontleend is. De wijze, waarop DESCARTES over de klassieke analyse als een speciaal vak spreekt, sluit verder uit, dat hij daarmee in het algemeen de toepassing van de analytische methode ter oplossing van mathematische problemen zou bedoelen. Aannemelijk is, dat hij denkt aan een speciaal onderdeel der Grieksche wiskunde, dat door PAPPOS met den naam „analuomenos topos" wordt aangeduid en dat wij Grieksche analytische meetkunde zouden kunnen noemen.

Dat is een term, die bij mathematici tegenspraak pleegt uit te lokken, omdat zoowel het gangbare spraakgebruik, dat „analytisch" met „algebraïsch" identificeert als de historische traditie, die de uitvinding van de coördinatenmethode, waarop de analytische meetkunde gebaseerd is, uitdrukkelijk aan DESCARTES toeschrijft, zich er tegen schijnen te verzetten, bij de Grieken een analytische meetkunde bekend te onderstellen. Deze tegenspraak berust echter ten deele op misverstand, ten deele op onjuiste voorstellingen over de historische ontwikkeling der wiskunde. Het is een feit, dat de Grieken de coördinatenmethode in denzelfden omvang hebben toegepast, waarin DESCARTES haar kent, dat zij de meetkunde der kegelsneden met behulp van de methoden der oppervlakterekening hebben ontwikkeld op een wijze, die zich van die der moderne analytische meetkunde uitsluitend door de toegepaste symboliek onderscheidt en dat zij problemen van den derden graad volgens dezelfde beginselen met behulp van kegelsneden hebben opgelost, die DESCARTES en zijn volgelingen daarvoor in de 17e eeuw hebben gebruikt. Dit inzicht neemt veel van de verwondering weg, waarmee de lectuur van de *Géo-*

métrie den historisch onvoorbereiden lezer pleegt te vervullen

De moderne algebra, die DESCARTES als tweeden wortel van zijn mathematisch werk noemt, is de z.g. Algebra Speciosa of letteralgebra, die door FRANÇOIS VIÈTE was ingevoerd en waarin deze tak der wiskunde na een ontwikkeling, die zich over meer dan 30 eeuwen uitstrekt, eindelijk de gedaante had aangenomen, die men tegenwoordig wel eens geneigd is, voor zijn eenig mogelijken verschijningsvorm te houden.

De verdienste, die DESCARTES zich in zijn *Géométrie* voor de wiskunde heeft verworven is nu, in overeenstemming met wat hij er zelf over zegt, als volgt kort te omschrijven, dat hij den inhoud van de Grieksche analytische meetkunde overbracht in de taal der moderne algebra. Dit denkbeeld hing in het begin van de 17e eeuw als het ware in de lucht. Het is dan ook door FERMAT onafhankelijk van en gelijktijdig met hem ontwikkeld. Terwijl echter FERMAT zich in zijn werk *Ad locos planos et solidos isagoge* strikt houdt aan de door VIÈTE ingevoerde notaties, heeft DESCARTES in de *Géométrie* ook nog bijgedragen tot de verbetering van de algebraïsche symboliek. Hij heeft bovendien door de wijze, waarop hij de rekenkundige bewerkingen definieerde voor lijnstukken als bewerkingen, die steeds weer tot lijnstukken voeren, alle dimensiebeperkingen opgeheven, waaraan de Grieksche oppervlakterekening onderworpen was geweest en den eisch van homogeniteit, die VIÈTE nog aan alle vergelijkingen had moeten stellen, overbodig gemaakt.

De inhoud van de *Géométrie* is kort aldus samen te vatten, dat het eerste boek het beginsel der methode uiteenzet, dat het tweede meetkundige vraagstukken oplost met behulp van algebraïsche methoden en dat het derde algebraïsche vergelijkingen behandelt met meetkundige hulpmiddelen. De centrale problemen zijn daarbij het probleem van PAPPOS en de oplossing van vergelijkingen van den derden en den vierden graad met behulp van een cirkel en een parabool. Vermeld moeten verder worden een behandeling

van het tangentenprobleem en de invoering van de z.g. ovalen van DESCARTES. Behalve in de *Géométrie* komen wiskundige verhandelingen voor in de correspondentie; hiervan kunnen worden genoemd een studie over de cycloïde, een behandeling van de krommen van DE BEAUNE en oplossing van verschillende problemen uit de getallentheorie.

Naar aanleiding van deze laatste onderzoekingen komt in den loop der jaren steeds meer een zekere stemming van afkeer van het wiskundig detailwerk tot uiting. Daardoor vermindert echter de waardeering van de methodische waarde der wiskunde niet. DESCARTES blijft haar aandachtig beschouwen, om uit haar werkwijze leering te kunnen trekken voor het wetenschappelijk denken op andere gebieden.

Het nauwe verband tusschen de wiskunde en de algemeene Cartesiaansche methodiek komt tot uiting in de enge relatie, waarin de *Géométrie* tot het *Discours de la Méthode* staat. Zij vormt nemelijk met de natuurwetenschappelijke verhandelingen *La Dioptrique* en *Les Météores* een *Essay de la Méthode*. De hierdoor opgewekte verwachtingen aangaande het innerlijke verband van beide werken worden echter niet vervuld: de denkregels, die in het *Discours* worden geformuleerd, blijken voor het wiskundig denken practisch zonder effect te blijven, omdat ze òf te vaag zijn òf te vanzelfsprekend. Niet ten onrechte heeft LEIBNIZ ze als leeg verworpen.

Aanvankelijk wekt dit verwondering. Het blijkt echter, dat DESCARTES zelf verklaart, dat het *Discours* niet het werk is, waaruit men de methode werkelijk kan leeren kennen en dat hij de *Géométrie* opzettelijk onduidelijk heeft geschreven. Toch is het probleem van den samenhang van de Cartesiaansche methode en de *Géométrie* niet hopeloos; men moet echter de uiteenzetting van de methode daar zoeken, waar ze werkelijk te vinden is, nl. in het werk *Regulae ad directionem ingenii*. Bij bestudeering hiervan blijkt de *Géométrie* werkelijk de concrete toepassing te bevatten

van de ontwikkelde algemeene beginselen, blijkt zij dus wel degelijk een *Essay de la Méthode* te zijn.

Dit is niet het eenige resultaat, dat de studie van de *Regulae* oplevert. Zij stelt bovendien buiten twijfel (wat de lectuur van het *Discours* reeds doet vermoeden) dat de Cartesiaansche methode er naar streeft, wiskundige denkvormen en bewijsmethoden toepasbaar te maken op alle aardsche wetenschappen. Daarmee is een programma van wetenschapsbeoefening opgesteld, dat eeuwen zou eischen voor verwezenlijking; daarom behoeft men er zich niet over te verwonderen, dat er van die verwezenlijking in het werk van DESCARTES zelf weinig komt. Daarvoor stond bovendien de wiskunde, die slechts begon te beschikken over het denkmiddel, dat de behandeling van het continu variabele mogelijk zou maken, nog op te laag peil. Er blijft hierdoor een groot contrast tusschen de idealen, die DESCARTES op het gebied der natuurwetenschappen voorzweven en het werk, dat hij op dit gebied verricht.

Men moet dit goed in het oog houden, als men hem als physicus wil beoordeelen; doet men dit niet, dan vervalt men òf in de overschatting van zijn beteekenis voor de natuurkunde, die bij Fransche schrijvers wel eens voorkomt òf tot de veel te geringe waardeering, die gevoeld wordt door moderne physici, die zich te weinig moeite geven, zich in het denken van de 17e eeuw te verplaatsen of die te eenzijdig aandacht schenken aan de toepassing van de empirisch-inductieve methode.

Getoetst aan het ideaal dezer methode, is namelijk het physisch werk van DESCARTES vrijwel waardeloos. Het geringschattend oordeel, dat hij over het werk van GALILEI heeft uitgesproken, die volgens hem eerst het wezen der zwaarte had moeten doorgronden alvorens over valbeweging te mogen schrijven, bewijst, hoezeer hij de physica ziet als een deductieve wetenschap.

Die opvatting hangt ten nauwste samen met zijn wiskundigen aanleg. Hij wil aan de redelijke bezinning evengoed de axiomata ontleenen, die het wezen der materie bepalen als de grondslagen

der wiskunde; hij wil de physica mathematiseeren, niet in dien zin, dat hij de wiskunde wil gebruiken als de taal, waarin de natuurverschijnselen zullen worden beschreven, maar zoo, dat hij van de physica een onderdeel der wiskunde wil maken. Zij moet een deductieve wetenschap zijn, die uitgaat van evidente inzichten in het wezen der materie en niet een empirisch-inductieve, die haar uitgangspunt bij de verschijnselen neemt.

Men kan nu echter wel vragen, of deze opvatting der natuurwetenschap wel zoo typeerend is voor een mathematisch aangelegden geest, als bij oppervlakkige beschouwing het geval schijnt te zijn. Immers van de analytische wijze van redeneeren, die het mathematisch ontdekkingsinstrument bij uitnemendheid is, is de inductie der natuurwetenschap het volkomen analogon. Men moet echter bedenken, dat de mathematische analyse gewoonlijk niet continu verloopt maar met wonderlijke, door de phantasie ingegeven sprongen. Met zulk een versnelde analyse, die in één sprong van de peripherie naar het centrum gaat, komt DESCARTES, de natuur beschouwend, op de axiomata, die het uitgangspunt der deductie zullen vormen.

Er is dus wel degelijk een sterk mathematisch element in zijn natuurwetenschappelijke theorieën; die conclusie geldt echter niet alleen voor den vorm, maar ook voor den inhoud van zijn natuurbeeld. De materie wordt namelijk in haar wezen uitsluitend bepaald door geometrische en kinematische kenmerken: grootte, vorm, beweging. Met de secundaire qualiteiten worden alle dynamische elementen naar het rijk der verschijnselen verwezen.

Het geometrisch-kinematische wereldbeeld der Cartesiaansche physica berust op drie fundamenteele bewegingswetten, waarvan twee de traagheid der materie uitdrukken, terwijl de derde de onveranderlijkheid van den totalen impuls bij botsing postuleert. Door de onderlinge beweging der ruimtedeelen zijn drie soorten materie ontstaan, met behulp waarvan de geheele structuur der wereld kan worden verklaard.

Deze verklaring, die inderdaad alle astronomische, physische en chemische verschijnselen omvat, wordt o. a. gegeven in de boeken III en IV der *Principia Philosophiae*; het is een belangwekkend, maar moeilijk werk, haar daarin punt voor punt te vervolgen. Het eigenaardige is daarbij, dat, hoewel men zich voortdurend bewust is, dat van al deze beschouwingen vrijwel niets stand heeft kunnen houden, men toch onwillekeurig onder den indruk komt van den toon van volstrekte zekerheid, waarmee dit alles wordt voorgedragen, van de strakke consequentie, waarmee de gronddenkbeelden worden volgehouden en van de onuitputtelijke phantasie, waarmee de vormen en bewegingen der ruimtedeelen worden gevarieerd.

De historische beteekenis der Cartesiaansche physica berust echter niet zoozeer op den feitelijken inhoud van al deze theorieën, dan wel op den invloed, dien zij op de beoefening der wetenschap in de 17e en 18e eeuw heeft uitgeoefend. De grootste wetenschappelijke figuren van dat tijdvak, mannen als HUYGENS, NEWTON, LEIBNIZ, hebben van DESCARTES, hem navolgend of critiseerend, geleerd; niemand ontkomt aan afrekening met zijn denkbeelden. Dat feit gaat in historische beteekenis verre uit boven de vraag naar het waarheidsgehalte, dat zijn denkbeelden thans nog zouden bezitten.

Wanneer men de details van het Cartesiaansche systeem laat rusten, ziet men zich nog tegenover een aantal beginselvragen geplaatst, die men niet voorbij kan gaan. Vooreerst de vraag naar de fundeering van de grondwetten der mechanica, die de basis van de geheele kosmologie vormen. Het blijkt, dat zij metaphysisch worden afgeleid, namelijk uit de eigenschappen van God. Vervolgens echter de kwestie van de beteekenis der ervaring in het systeem der natuur. Zij dient niet om de opgestelde theorieën te rechtvaardigen, maar alleen, om tusschen de verschillende richtingen, die de deductie vanuit de algemeene en ruime axiomata in kan slaan, diegene te leeren kiezen, die tot de werkelijk gegeven ver-

schijnselen voert; men zou uit die axiomata ook andere werelden kunnen afleiden.

Deze belangrijke functie der ervaring in het systeem van DESCARTES heft de schijnbare tegenstrijdigheid op, die er tusschen zijn anti-empirische natuurbeschouwing en zijn groote belangstelling in empirie en experiment bestaat. DESCARTES deelt met alle groote wetenschappelijke figuren der 17e eeuw de alzijdigheid der belangstelling in alle gebieden van menschelijk weten en kunnen; de techniek van het lenzenslijpen interesseert hem even sterk als het meest abstracte mathematische of philosophische probleem.

Deze eigenschap voltooit het harmonisch karakter van zijn persoonlijkheid als denker. Hij heeft, toen na de Scholastiek het natuurlijk verband van natuurwetenschap, philosophie en religie teloor dreigde te gaan, het stelsel geschapen, waarin dat verband tot bevrediging van hemzelf en van tallooze volgelingen werd hersteld.

Zonder innerlijken en uiterlijken strijd is dat niet gegaan en dat heeft, samen met verschillende minder sympathieke karaktertrekken, zijn persoonlijkheid eenigszins hard gemaakt. Voor wie hem beter kent, overweegt echter de indruk, die van zijn wereldomvattend denkvermogen, van zijn onvervaarde geestkracht en van de onvermoeidheid van zijn streven naar inzicht in het wezen der dingen uitgaat.

DE ONTSTAANSGESCHIEDENIS VAN DEN NEDERLANDSCH INDISCHEN ARCHIPEL

in het licht van het zwaartekrachtsonderzoek met Hr. Ms. K XIII

door

F. A. VENING MEINESZ.

In de jaren 1929 en 1930 heeft de schrijver voor de Rijkscommissie voor Graadmeting een uitgebreid zwaartekrachtsonderzoek in de zeeën van den Nederlandsch Indischen Archipel uitgevoerd. Dat dit geschieden kon dankt hij aan de groote medewerking van de Nederlandsche Marine, die daarvoor gedurende acht maanden een onderzeeboot, Hr. Ms. K XIII, heeft willen beschikbaar stellen. Oprechten dank is hij daarvoor verschuldigd aan den toenmaligen Commandant der Zeemacht in Indië, Vice-Admiraal TEN BROECKE HOEKSTRA.

Alvorens over het onderzoek en zijn resultaten te spreken, wil de schrijver, na alles wat er in den afgeloopen tijd over onze Marine te doen geweest is, hier uitspreken, welk een hoogen dunk hij gedurende deze en vroegere reizen van den Onderzeedienst gekregen heeft, zoowel van zijn Officieren, als van zijn Onderofficieren en Manschappen, wier plichtsbetrachting steeds boven allen lof verheven was. Hij weet bij ervaring, dat in buitenlandsche marine-kringen groote bewondering gewekt is voor de prestaties van dezen dienst, in het bijzonder voor de ongeconvoyeerde groote oceaanoversteken, die slechts door de bekwaamheid van Officieren en bemanningen mogelijk gemaakt worden.

De voor het zwaartekrachtsonderzoek benoodigde groote nauwkeurigheid is alleen met een onderzeeboot te bereiken, omdat men daarmede beneden de golfbeweging kan varen en zoodoende de scheepsbewegingen zoo gering kan maken dat men met het toestel nauwkeurige waarnemingen kan verrichten. Het doel van het onderzoek is om de kleine afwijkingen van de zwaartekracht te bepalen en om hieruit gevolgtrekkingen te maken betreffende de verdeeling van de massas in de bovenste lagen van de aarde.

Dat dit doel zoo te bereiken is, ziet men gemakkelijk in. De zwaartekracht is de aantrekking door alle massas van de aarde, zoodat abnormale massas in de nabijheid van het station van waarneming zich in die aantrekking moeten uiten. Men kan dus omgekeerd uit de anomalieën van de zwaartekracht tot de aanwezigheid van storende massas besluiten. Uit de met deze methoden verkregen resultaten is gebleken dat onze starre aardkorst, die vermoedelijk een dikte heeft van 20—50 km, in het algemeen in drijvend evenwicht verkeert op de daaronder gelegen laag van grootere dichtheid. Deze laatste, de zoogenaamde simalaag, schijnt dus vloeistofeigenschappen te bezitten, al moet men aannemen dat de taaiheid of viscositeit zoo groot is, dat zij slechts uiterst langzaam meegeeft. Dit evenwichtsverschijnsel, dat men nu reeds op vele plaatsen in continenten en oceanen heeft aangetroffen, wordt gewoonlijk isostasie genoemd. Het heeft tengevolge, dat gebergten groote wortels van lichter korstmateriaal moeten bezitten waarmede zij in de zwaardere sima zijn ingedompeld, op dezelfde wijze als dit het geval is met ijsbergen, waarvan eveneens het grootste gedeelte onder water ligt. Deze wortels van licht materiaal zijn inderdaad door het zwaartekrachtsonderzoek bij vele gebergten aangetoond.

Al is dit isostatisch evenwicht als normale toestand op zoovele plaatsen aangetoond, toch moet men verwachten, dat het niet overal zal bestaan, daar men uit de aanwezigheid van aardbevingen en andere verschijnselen moet concludeeren, dat er nog gebieden

van de aardkorst zijn, die aan groote vervormende krachten onderhevig zijn. Hier kan men verstoringen van de isostasie verwachten en de wijze waarop die optreden zal inzicht kunnen verschaffen in de werkingen die gaande zijn.

Deze gedachte is de grondslag geweest van het plan om Indië gravimetrisch op te nemen; dit gebied is in hooge mate aan aardbevingen blootgesteld en ook andere gegevens wijzen erop dat hier nog groote tektonische verschijnselen optreden. De route van de K XIII is in verband met het doel zoo gekozen, dat zooveel mogelijk profielen waargenomen werden loodrecht op de richting waarin men mag vermoeden dat de plooiingen der aardkorst plaats grijpen, d. w. z. de richting der eilandenrijen. Het was daarbij noodig de stations in deze profielen niet te ver uiteen te nemen om zeker te zijn dat men het verloop van de zwaartekrachtsafwijking geheel zou te weten komen; gewoonlijk was de afstand 40—60 zeemijlen. Zoodoende werd een groot aantal waarnemingen, tesamen 281, in den Archipel verricht.

De resultaten waren merkwaardig en onvoorzien. Er werden inderdaad groote afwijkingen van het isostatisch evenwicht aangetroffen, maar het karakter daarvan week af van wat verwacht mocht worden. Er blijkt een strook van slechts een honderdtal kilometers breedte door den geheelen archipel te loopen, waar de zwaartekracht een groot tekort vertoont, en die aan weerszijden begrensd wordt door velden van een teveel aan aantrekking. Zij volgt de eilandenreeks ten westen van Sumatra, vervolgens een onderzeesche rug die zich ten zuiden van Java tusschen twee diepzeetroggen bevindt, loopt daarna over Timor, de Tenimber Eilanden, de Kei Eilanden, Ceram en vervolgens naar het noorden tusschen O Celebes en Halmaheira en via de Talaud Eilanden naar den diepzeetrog ten oosten van de Filippijnen. Een krachtige aftakking gaat in de richting van O Celebes en zet zich vermoedelijk over dezen arm en den Z.O. arm van dit eiland voort.

De strook hangt zonder eenigen twijfel met de korstvervormingen

samen, want de centra van bijna alle aardbevingen, die Indië geteisterd hebben, liggen erboven of in de nabijheid ervan. Een merkwaardig verband kan verder met de verspreiding der vulkanen opgemerkt worden; overal waar de strook gekromd is, vindt men, parallel aan de strook, een reeks vulkanen op eenigen afstand aan de binnenzijde der kromming. Voorbeelden hiervan vindt men bij de vulkanen van de Sangir Eilanden en de Minahassa, bij de vulkanen van Ternate en naburige eilanden en bij de vulkanen van den binnensten Bandaboog die zich voortzetten over de kleine Soenda Eilanden met uitzondering van de eilanden ten noorden van O. Timor, die niet vulkanisch zijn doch dan ook juist tegenover een gedeelte van de strook liggen, waarvan de kromming den anderen kant uit wijst.

Het groote zwaartekrachtstekort dat men over de strook aantreft is er dus een bewijs voor, dat zich hier in de bovenste lagen van de aarde abnormaal lichte massa's bevinden. Bij de berekening blijkt het tekort echter zoo groot te zijn, dat men het niet verklaren kan door lichte gesteentelagen in de korst zelf. Men wordt dus gedwongen het dieper te zoeken en aan te nemen, dat zich aan de onderzijde van de korst een wortel van licht korstmateriaal bevindt, die de zwaardere sima verdringt en zoodoende het massatekort veroorzaakt. Deze wortel moet een doorsnede van meer dan 1000 km^2 hebben.

Men wordt op deze wijze tot de gedachte gevoerd, dat de korst door groote zijdelingsche samendrukking langs de strook naar beneden inknikt en zoo den genoemden wortel vormt. Neemt men een korstdikte van 25 km aan, dan zou met de opgegeven doorsnede een verkorting van de korst van een vijftigtal kilometers overeenkomen. Dat bij deze samendrukking van de korst een oppervlaktelaag naar boven uitwijkt en een verheffing over de strook vormt, die de inknikking van de hoofdlaag van de korst maskeert, schijnt zeer aannemelijk. Men kan dus zoo gemakkelijk verklaren, dat de strook over het algemeen met een onderzeeschen rug of met een

eilandenrij samenvalt. Tevens is het duidelijk, dat dit enorme gebeuren met aardbevingen gepaard gaat en dat zoodoende de haarden van de meeste bevingen in de strook moeten liggen.

Ook het verband met de ligging der vulkanen laat zich met deze verklaring aannemelijk maken. Wanneer n.l. de aardkorst zich vanuit de binnenzijde van de boog naar de strook toe beweegt, zal hare afmeting parallel aan de strookrichting toe moeten nemen en dus zal in deze richting trek in de korst ontstaan. Men kan dan begrijpen dat hier spleetvorming mogelijk is en vulkanen ontstaan.

De vraag kan gesteld worden, waarom de korst naar binnen knikt en niet naar buiten, waar zij toch minder weerstand moet overwinnen. Dit laatste is echter niet zeker; de door een vloeistof geboden weerstand is met de snelheid der beweging evenredig en zoodoende kan de door de simalaag geboden weerstand, niettegenstaande de zeer groote viscositeit, toch wel gering zijn als de snelheid van het verschijnsel maar klein genoeg is. Nu is deze bij tektonische bewegingen inderdaad uiterst klein en zoodoende is het dus zeer aannemelijk, dat hierbij de sima maar weinig weerstand biedt. Aan den anderen kant werkt de zwaartekracht ten gunste van het ontstaan van een plooiing naar binnen, daar voor een buitenwaarts gerichte plooi het volle gewicht van de korst omhoog gestuwd moet worden en dit voor een binnenwaartsche niet het geval is.

Aan de beide einden van de strook in den archipel neemt het verschijnsel een ander karakter aan. Uit het asymmetrische karakter van de zwaartekrachtsprofielen, zoowel ten westen van Sumatra als ten oosten van de Filippijnen, en de zwakkere waarden van de afwijkingen aldaar, moet men aannemen, dat daar niet een inknikking van de korst optreedt doch eerder een langsschuiving met gedeeltelijke overschuiving van het eene gedeelte van de korst langs en over het andere, het oceaangedeelte. In overeenstemming met deze opvatting is de zeer diepe trog aan de oceaanzijde van de Filippijnen, waar de *Emden* en de *Snellius* diepten van meer dan 10.000 meter hebben gevonden.

Uit deze feiten moet men opmaken, dat de groote laterale druk, die in de korst de inknikking en overschuiving doet ontstaan, niet naar alle richtingen werkt doch slechts in eene, n.l. van Azië naar het Z.Z.O., zoodat de drukrichting ten westen van Sumatra en ten oosten van de Filippijnen een zoo geringen hoek maakt met de kritieke strook, dat daarin geen knik optreedt doch in hoofdzaak een langs elkander schuiven. In overeenstemming hiermede is dat met de aardbevingen op Sumatra meestal een zelfde bewegingstype is waargenomen van langselkanderschuiving in de richting van de lengteas van het eiland.

Een merkwaardige bevestiging vindt deze hypothese in twee andere verschijnselen. Door verschillende geologen, zooals H. A. BROUWER e.a., is uit de topografie van de tegenover Straat Soenda liggende gedeelten van Java en Sumatra de gevolgtrekking gemaakt, dat Java in geologisch gesproken recente tijden ten opzichte van Sumatra een veertigtal kilometers naar het zuiden verschoven is. Dit zou er inderdaad mee overeenkomen, dat bij Straat Soenda het karakter van het zwaartekrachtsprofiel plotseling een ander karakter aanneemt en ten oosten van deze scheidingslijn van veel grooter in elkanderschuiving getuigt dan ten westen daarvan, dit weder geheel overeenkomstig de richtingsverandering van de strook, die ten zuiden van Java een grooteren hoek maakt met de drukrichting. Uit het verschil der zwaartekrachtsprofielen volgt dat de in elkanderschuiving ten oosten van Straat Soenda ongeveer veertig km grooter is dan ten westen daarvan, zoodat Java over dien afstand méér naar het zuiden zou verschoven zijn. Dit schijnt in goede overeenstemming met de onderlinge verschuiving van Java en Sumatra.

Een dergelijk verschijnsel wordt aangetroffen ten zuiden van Mindanao, waar de strook eveneens een bocht maakt, die haar een grooteren hoek doet maken met de drukrichting. Ook hier worden de zwaartekrachtsafwijkingen in de strook dienovereenkomstig grooter en ook hier zijn er aanwijzingen in den loop der dieptelijnen

die op een verschuiving van het zuidwestelijk deel ten opzichte van het noordwestelijk deel wijzen, die van een dergelijke orde van grootte is als die bij Straat Soenda.

De verschillende hier genoemde feiten schijnen dus op een drukrichting van Azië naar het Z.Z.O. te wijzen. Echter komt het den schrijver voor, dat er hiernaast nog een tweede drukeffect aanwezig moet zijn, dat van Halmaheira en den Vogelkop van N. Guinee naar het Z.Z.W. wijst en de merkwaardig verwrongen vorm van de strook in het oostelijk deel van den archipel zou kunnen verklaren. Tevens zou het de plooiing van den Z.O. arm van Celebes begrijpelijk maken. De schrijver wil hier op deze quaestie niet dieper ingaan.

Wij zagen dat tot nu toe alle feiten met de gegeven onderstelling van groote inelkanderschuiving en naar binnen knikking der korst ter plaatse van de strook van zwaartekrachtstekort in goede overeenstemming zijn, doch er is nòg een feitenmateriaal dat klemmender controle van hare juistheid mogelijk maakt. Bedoeld worden de vele geologische gegevens die over Indië door de onderzoekingen van talrijke geologen als VERBEEK, MARTIN, MOLENGRAAFF, FENNEMA, BROUWER, RUTTEN, en vele anderen bijeen zijn gebracht en waardoor over de geologie van Indië veel bekend is geworden. Groote erkentelijkheid is de schrijver in dit verband aan Prof. UMBGROVE verschuldigd, die het op zich heeft genomen om dit materiaal, voor zoover het de jongere geologische geschiedenis van Indië betreft, bijeen te brengen en kritisch te bewerken, zoodat een goede beoordeeling en vergelijking met de knikhypothese mogelijk wordt. Verwezen mag hier worden naar twee artikelen van UMBGROVE in het Tijds. v. h. Aardrijksk. Genootschap, Afl. 6, 1932 en Afl. 1, 1934, en naar het binnenkort verschijnende tweede deel der publicatie van de Rijkscommissie voor Graadmeting over de zwaartekrachtswaarnemingen op zee, waarin ook een geologische studie van UMBGROVE zal opgenomen worden. Een kort overzicht van zijn belangrijkste resultaten moge hier volgen.

Het is duidelijk dat, als de knikhypothese juist is, de oppervlaktelagen van de korst aldaar groote verkorting zullen moeten vertoonen. UMBGROVES onderzoek heeft nu daarvan een volkomen bevestiging gegeven. Niet alleen blijken inderdaad op alle eilanden in de strook gedurende het mioceen groote plooiingen en overschuivingen te zijn opgetreden, doch tevens blijkt het dat dit op geen der andere eilanden sinds den aanvang van het tertiaire tijdvak is voorgekomen. Daarmede ligt nu ook de tijd van de grootste activiteit van deze samenschuiving vast; deze moet ongeveer 5.000.000 jaren geleden zijn. De geologische gegevens toonen trouwens, dat sindsdien de strook niet rustig is gebleven; na een tijd van denudatie en zakking moet in recenten tijd weder opheffing gevolgd zijn benevens vervormingen, die aan de oppervlakte tot breuken en slenken geleid hebben. Het is niet gewaagd te onderstellen dat deze het begeleidend oppervlakteverschijnsel zijn van een voortgang van de inknikking naar binnen van de diepere lagen van de korst; de aardbevingen in het huidige tijdvak bewijzen wel dat het verschijnsel nog steeds voortgaat. De combinatie van de geologische gegevens met de uitwerking der knikhypothese veroorlooft een tamelijk gedetailleerd beeld te ontwerpen van het mechanisme dat zich in deze strook achtereenvolgens heeft afgespeeld. Men krijgt hierbij sterk den indruk, hoezeer de oppervlaktevervormingen van de groote knikverschijnselen in de diepte afhankelijk zijn.

UMBGROVE vestigt de aandacht op nog een tweede strook, waarin zich in het jongste geologisch verleden groote verschijnselen hebben vertoond. Dit is een strook over O. Sumatra, N. Java en O. Borneo, die blijkbaar sterke daling ondergaan heeft en gedurende die daling met sedimenten werd opgevuld, zoodat nimmer diepzee ontstond. De dikte der sedimenten in deze strook bedraagt meerdere kilometers en op sommige plaatsen zelfs meer dan tien kilometer. In het zwaartekrachtsveld schijnt zich de strook wel af te teekenen; men vindt er in het algemeen iets minder aantrekking dan in de

aangrenzende gebieden. Dit verschil laat zich verklaren door aan te nemen, dat de korst in deze strook doorgebogen en opgevuld is met lichte sedimenten, doch zij schijnt niet zooals in de andere strook gebroken en naar beneden ingedrukt te zijn. Aardbevingen van beteekenis zullen met dit verschijnsel wel niet gepaard gegaan zijn.

Het zou te ver voeren UMBGROVES belangrijk overzicht geheel te volgen. Schrijver wil nog slechts één resultaat vermelden, dat in verband met het zwaartekrachtsonderzoek van bijzondere beteekenis is. Dit is zijn conclusie, dat het diepe Banda-bekken waarschijnlijk pas in de laatste geologische periode is weggezakt, daar de sedimenten op de eilanden erom heen erop wijzen, dat hier continentaal gebied of ondiepe zee moet gelegen hebben. Dit resultaat leidt ons tot een nadere beschouwing van het zwaartekrachtsveld in dit en andere diepzeebekkens van den archipel.

Het blijkt nu dat het veld van zwaartekrachtsexces, dat zich over den geheelen archipel buiten de strook van zwaartekrachtstekort uitstrekt, in al deze bekkens groote waarden aanneemt. Zondert men de geulvormige diepzeetroggen uit, dan kan men als regel constateeren, dat de velden met het grootste zwaartekrachtsoverschot samenvallen met de diepste bekkens. Dit zijn er drie, de Celebes Zee ten noorden van dit eiland, het N.W. gedeelte van de Banda Zee nabij de Soela Eilanden en het zuidelijk deel van die zee, die alle meer dan 5000 meter diep zijn.

Dit is wel een merkwaardig resultaat, als men zich realiseert dat het tekort aan massa in het bekken, waar de normale korstdichtheid door water is vervangen, blijkbaar overgecompenseerd wordt door nog meer zwaardere massa eronder, zoodat, om het isostatisch evenwicht te herstellen, de bodem der bekkens nog dieper zou moeten wegzinken. Langen tijd heeft de schrijver tevergeefs naar een aannemelijke verklaring van dit verschijnsel gezocht, totdat hij sinds kort tot een mogelijkheid kwam, die hij hier onder voorbehoud als hypothese wil mededeelen.

Hij wil dan eerst nog vermelden, dat ook in de oceanen velden van zwaartekrachtsteveel zijn aangetroffen, waarvan het sterkst uitgesprokene zich over grooten afstand in den Atlantischen Oceaan uitstrekt. Het laat zich nu bewijzen, dat men bij deze velden noodwendig met evenwichtsverstoringen in de diepere lagen van de aarde te doen heeft en dat deze verstoringen daalstroomen in deze plastische massas moeten beteekenen. Wat kan nu van dergelijke daalstroomen de oorzaak zijn?

Hier komt de theorie der convectiestroomen in de aarde te hulp, die in den laatsten tijd in ARTHUR HOLMES een krachtig voorvechter gevonden heeft en die hier te lande door ESCHER verdedigd is. Het is als een feit komen vast te staan, dat de materialen, waaruit de continenten zijn opgebouwd, sterker radioactief zijn, dan die van de sima of van nog dieper gelegen lagen. Daar nu die oppervlaktelaag in verband met het isostatisch evenwicht onder de oceanen aanzienlijk dunner moet zijn dan in de continenten, volgt dat de aardkorst onder de oceanen minder warmte ontwikkelt dan in de continenten, zoodat in de eronder gelegen simalaag temperatuursverschillen moeten optreden. Daar echter deze laatste laag zich als een vloeistof gedraagt, moet dit stijgende en dalende stroomen tengevolge hebben, waarvan de eerste onder de warmere korstgedeelten, de continenten, moeten plaats grijpen en de laatste onder de koudere, de oceanen. Dit is in volkomen overeenstemming met wat de zwaartekracht leert, zoodat hierin een goede bevestiging van deze theorie te vinden is.

Een gevolg van deze stroomen is dat er aan de oppervlakte van de sima horizontale stroomen van de continenten naar de oceanen moeten gaan, die een wrijvingskracht op de onderzijde van de aardkorst moeten uitoefenen. Berekeningen geven aan dat deze krachten, hoewel de stroomen schattenderwijs slechts een snelheid van enkele cm per jaar kunnen hebben, toch groote bedragen aan kunnen nemen, zoodat deze waarschijnlijk ten volle toereikend zouden zijn om groote aardkorstprocessen teweeg te brengen.

Het in Indië geconstateerde knikverschijnsel van de korst zou hierin inderdaad zijn oorzaak kunnen vinden. Men moet daartoe aannemen, dat de stroom die van het zuidoostelijk deel van Azië uitgaat, naar het Z.Z.O. gericht is, en dit schijnt niet onaannemelijk.

Terugkeerende tot de zwaartekrachtsoverschotten in de diepe bekkens van Indië, ligt nu de onderstelling voor de hand dat men ook hier met het effect van daalstroomen in de sima te maken heeft, die op een gegeven oogenblik tijdens het groote korstvervormingsproces moeten zijn ontstaan. Oorzaak hiervan zouden temperatuursstoringen kunnen zijn, die door de ophooping van korstmateriaal in sommige gedeelten van den archipel en de afvoering door erosie in andere gedeelten zouden teweeggebracht kunnen zijn. Met deze hypothese schijnt het resultaat van UMBGROVE, dat de bekkens door tamelijk recente daling moeten ontstaan zijn, in goede overeenstemming. Zij vereenigt inderdaad de feiten van daling en zwaartekrachtsoverschot tot een logisch samenhangend geheel.

De laatst gegeven overwegingen zijn alle min of meer speculatief. Zij geven veelbelovende perspectieven voor de verklaring van verschijnselen, waarvan de verklaring langs anderen weg bezwaarlijk is, doch zij mogen nog niet als vaststaande feiten aanvaard worden, voordat nadere studie en meer waarnemingsmateriaal er een vasteren grondslag aan gegeven hebben. Het stemt hoopvol dat de Nederlandsche Marine bereid is ook in de toekomst haar steun aan deze onderzoekingen te geven; met erkentelijkheid mag vermeld worden, dan Z.E. de Minister van Defensie voorloopig zijn goedkeuring gegeven heeft voor een nieuwe groote expeditie, n.l. met Hr. Ms. K XVIII naar Indië via Rio de Janeiro, Kaapstad en de westkust van Australië. Van deze expeditie mag veel verwacht worden voor de verheldering van de bovenstaande problemen.

Tenslotte mag hier een woord van dank niet ontbreken aan de Officieren van Hr. Ms. K XIII en in het bijzonder aan haren Commandant, Luit. t. Zee 1e kl., G. MANTE, die zich veel moeite gegeven heeft om het onderzoek in Indië te doen slagen.

DUBBELE INNERVATIE, CENTRAAL EN SYMPATHISCH ZENUWSTELSEL

(met lichtbeelden)

door

J. BOEKE.

Als wij de verrichtingen van ons lichaam nauwkeurig trachten na te gaan en te analyseeren, dan stuiten wij altijd weer op een antithese: contractie en verslapping, hartversnelling of verlangzaming en stilstand, vaatverwijding of vaatvernauwing, bij de kliersecretie vaak een vorming van twee verschillende soorten van secretieprodukt, kortom bij allerlei processen in het lichaam komt deze antithese tot uiting, en wel steeds bij die processen, die zich onder den invloed van het zenuwstelsel afspelen. En dan moeten wij die beide verrichtingen ons niet als een tegenstelling van actief en passief, van wel geprikkeld en niet geprikkeld worden, voorstellen, doch als twee actieve processen, die tegengesteld verloop hebben, en die beide door zenuwprikkels tot stand komen. Blozen, verwijding, dus verslapping van den vaatwand, is evenzeer door een zenuwprikkeling tot stand gekomen als bleek worden, d. w. z. vernauwing van de bloedvaten van de huid; hartklopping, versnelling van den hartslag, komt evenzeer onder den actieven prikkel van het zenuwstelsel tot stand als hartverlangsaming of hartstilstand, ja, men kan door prikkeling van den eenen zenuw, den nervus accelerans, hartversnelling tot stand doen komen, door prikkeling van een anderen zenuw, den nervus vagus, hartverlangsaming of hartstilstand bij datzelfde hart doen optreden.

Zoozeer is dit antagonisme in het geheele organisme waar te nemen, dat wij zelfs kunnen vaststellen, dat wij geen beweging kunnen maken, d. w. z. geen spier kunnen samentrekken, zonder dat, zooals SHERRINGTON in een reeks van uiterst nauwkeurige proefnemingen heeft aangetoond, de tegengestelde spieren, de antagonisten (buigers en strekkers) terzelfder tijd worden geprikkeld en zich, zij het dan ook in geringere mate, samentrekken. Juist op deze wijze komt de harmonische beweging tot stand, waarbij het evenwicht bewaard blijft, de harmonie niet wordt gestoord.

Doch ook naast deze tegenstellingen vinden wij bij de verrichtingen van ons centrale zenuwstelsel steeds de antithese: bewust of onbewust, willekeurig of onwillekeurig, en door den strijd tusschen deze twee dingen of begrippen wordt ten slotte ons geheele zijn, ons geheele leven bepaald. Wat beheerscht ons leven, onze gedragingen? Is het onze psyche, zijn het onze bewuste handelingen? Is het dat, wat in ons onderbewustzijn, diep in het onbewuste, woelt en dringt, waarvan wij telkens iets aan de oppervlakte zien komen, doch waarvan wij zoo bitter weinig weten of kunnen bevroeden? Is het in vele gevallen niet onze zoogenaamde secundaire functie, het bewaard blijvende en weer in het bewustzijn opdoemende gedeelte van dat, wat zich vroeger in ons bewustzijn heeft afgespeeld, wat onze gedragingen bepaalt?

De bouw van ons zenuwstelsel is, zooals U allen weet, uiterst gecompliceerd. Niet alleen, dat de prikkels, die voortdurend naar ons centraal zenuwstelsel toestroomen, daar verzameld, geschift, verwerkt worden, maar zij worden daar ook vastgelegd, bewaard, en zoo ontstaat dat, wat wij „ervaring" en „geheugen" noemen, waarop tenslotte ons geheele leven is gebaseerd. Zonder het vastleggen dezer prikkels zou ons geheele leven zinneloos, ja onbestaanbaar zijn. En dan nemen wij hierbij nog maar alleen in aanmerking de eenvoudige prikkels, die op ons organisme inwerken. Hoe moeten wij ons het tot stand komen van de algemeene gevoelens, van smart, sympathie, liefde en haat, ouderliefde enz. voorstellen,

hoe moeten wij ons indenken, dat wij in staat zijn, beelden uit het verleden, reacties op prikkels, die vroeger ons zenuwstelsel hebben getroffen, weer in onze herinnering terug te roepen en als het ware als werkelijke beelden voor ons geestesoog te zien?

Bij al deze samengesteldheid is het nu evenwel altijd hetzelfde element, dat dit alles tot stand brengt en onderhoudt, de zenuwcel, kleinere of grootere protoplasmaklompjes, met tal van uitloopers voorzien, die overal in het zenuwstelsel doordringen, de verschillende zenuwcellen met elkaar verbinden in wisselende verhouding, doch altijd volgens een vast omlijnd plan, en die tenslotte door middel van de periphere zenuwen de verschillende deelen van het lichaam met elkaar in verbinding brengen.

Hierbij stuiten wij nu in de eerste plaats op een onderscheid in het centrale zenuwstelsel zelf, n.l. dat in de schors der groote en kleine hersenen een heel bepaalde rangschikking en vorm van de zenuwcellen te vinden is, die met de hoogere functies van dat zenuwstelsel ten nauwste samenhangt en die in het ruggemerg ontbreekt. Hoezeer deze struktuur, deze architectoniek van de hersenen met de functie van dat zenuwstelsel samenhangt, ja die functie bepaalt, kan ik U aan de ontwikkeling van de kleine hersenen, d. w. z. van dat gedeelte der hersenen, dat met de coordinatie van de bewegingen belast is, aan de hand van eenige lantarenplaatjes duidelijk maken. Bij die dieren, die zooals het kuiken, direct nadat zij uit het ei zijn gekomen, zelfstandig moeten kunnen leven, zien wij gedurende de laatste 24 uren van het leven in het ei zich deze struktuur als het ware met één slag ontwikkelen, terwijl het bij andere dieren, die in hulpeloozen toestand worden geboren, zich eerst langzaam, gelijdelijk en rustig ontwikkelt. En in overeenstemming hiermede zien wij, dat dieren, wier groote of kleine hersenen zijn weggenomen, geruimen tijd kunnen blijven leven, voor hun voedsel kunnen zorgen, terwijl de zoogenaamde lichaamsfuncties ongestoord zich voltrekken, maar dat bij die dieren de hoogere functies, men zou kunnen zeggen de geestelijke functies

ontbreken. Al die functies zijn aan de architectoniek van de schors van groote en kleine hersenen en het bestaan daarvan gebonden; zij kunnen niet door een ander gedeelte van het zenuwstelsel worden overgenomen; en zelfs de bovengenoemde groote complexen, liefde, zorg, moederliefde, zijn aan het voorhanden zijn van heel bepaalde deelen van de groote hersenen gebonden, en verdwijnen, als deze deelen zijn weggenomen.

Naast deze verschillen in den bouw van het centrale zenuwstelsel vinden wij nu een tweede verschil tusschen twee groepen van zenuwcellen, dat zich reeds direct gedurende de eerste ontwikkeling openbaart, n.l. dat, terwijl het grootste gedeelte van de zich ontwikkelende zenuwcellen in het centrale zenuwstelsel blijft liggen en een integreerend deel daarvan blijft uitmaken, reeds heel vroeg een gedeelte van de zenuwcellen, die zich uit den aanleg van het zenuwstelsel ontwikkelen, zijn plaats in dit zenuwstelsel verlaat, er uit naar buiten groeit in het lichaam, en daar in min of meer groote ophoopingen blijft liggen, zoodat wij op allerlei plaatsen, maar altijd in vaste groepeering, dergelijke ophoopingen of ganglien vinden, vooral in en bij de ingewanden. Al deze ophoopingen van gangliencellen tezamen vormen nu wat men het *sympathisch zenuwstelsel* noemt, en vele millioenen van zenuwcellen met hunne uitloopers vinden hierin hun plaats.

In dit sympathisch zenuwstelsel spelen zich nu vooral onze onbewuste gewaarwordingen af; de prikkels, die hierin opgevangen en verwerkt worden, reguleeren al die functies van het lichaam, die wij als vegetatieve verrichtingen tegenover de hoogere geestelijke werkingen plegen te zetten. De bewegingen van onze ingewanden, de verwijding en vernauwing van de bloedvaten, de werking van onze klieren, de voedselopname en verwerking, de uitscheiding en alles wat daarmede samenhangt, staat onder den invloed van ons sympathisch zenuwstelsel; zoo ook de onbewuste bewegingen, die onze zintuigen voor hun taak geschikt maken, vernauwing en verwijding van den pupil van het oog enz.

Doch hoewel dit sympathisch systeem in ontwikkeling en vorm scherp van het centrale zenuwstelsel verschilt, zoo zien wij toch heel nauwe betrekkingen tusschen beiden tot stand komen. Van het sympathisch zenuwstelsel gaan belangrijke invloeden op het centrale zenuwstelsel uit en omgekeerd. Onze hoogere geestesfuncties, onze psyche, staan onder directen invloed van het sympathisch systeem, zooals reeds door LARREY, den beroemden legerarts van Napoleon, werd opgemerkt. Toen hij bij een soldaat, bij wien een stuk van een granaat in het onderlijf was geslagen, met den vinger daarnaar zocht om het te verwijderen, kreeg de patiënt telkens, als LARREY met den vingertop de groote ophooping van sympathische ganglioncellen, die zich achter in de buik bevindt en die met de daarvan uitstralende zenuwen de geheele ingewanden beheerscht (den plexus coeliacus), aanraakte, een ontzettenden aanval van onbestemden angst, die onmiddellijk weer verdween, als de vinger werd teruggetrokken; en later heeft men herhaaldelijk kunnen waarnemen, dat bijv. gezwellen in die buurt, die den plexus coeliacus aantasten en geheel of gedeeltelijk vernietigen, niet lichamelijke bewuste pijn veroorzaken, maar juist op het karakter, op de psyche, inwerken, zoodat de patiënt bijv. van vroolijk en luchthartig somber en achterdochtig wordt en in een aanval van melancholie een eind aan zijn leven kan maken.

Een aan den anderen kant is ook de invloed van de centrale zenuwstelsel, van de psychische functies, de emoties enz. op het sympathisch zenuwstelsel en de daardoor beheerschte organen onmiskenbaar. Als men bijv. bij een kat, die met bismuthpap gevoerd is, om in het Röntgenbeeld de bewegingen van de ingewanden zichtbaar te kunnen maken, onder het Röntgenscherm die bewegingen gadeslaat, zijn en blijven deze gedurende langen tijd volkomen regelmatig; maakt men het dier, dat rustig op de plank van het apparaat ligt uitgestrekt, boos, dan houden onmiddellijk de bewegingen op. Brengt men het dier door het te strelen en vriendelijk toe te spreken weer tot rust, dan beginnen de bewe-

gingen weer even regelmatig, om bij opwinding dadelijk weer stil te blijven staan. Men denkt hierbij onmiddellijk aan den alouden beproefden raad, om niet met ergernis in het hart aan den disch te gaan aanzitten, en aan de zegswijze, dat bij ergernis of bekommernis het voedsel „ons als lood in de maag ligt". Door tal van waarnemingen is dit gezegde telkens weer bewaarheid geworden. Er bestaat een voortdurende wisselwerking, een voortdurend elkaar beïnvloeden tusschen de beide schijnbaar zoo scherp gescheiden gedeelten van ons zenuwstelsel, die maakt, dat de studie van het sympathisch zenuwstelsel ons ontzaglijk veel leeren kan omtrent ons geheele zenuwstelsel en zijne verrichtingen.

Dit sympathisch zenuwstelsel staat dus met alle inwendige organen in verband, zooals ik U aan eenige lantarenplaatjes gemakkelijk kan demonstreeren. Het doordringt het geheele lichaam, zendt zijne fijnste vertakkingen tot in de meest verschillende organen, tot in alle weefsels, ja tot in alle weefselelementen; hoe beter men het leert te onderzoeken, des te meer kan men de alomtegenwoordigheid van de vertakkingen van dit stelsel overal in het lichaam aantoonen. Doch ook hierin heeft men weer met de in den aanvang van mijn voordracht genoemde antithese rekening te houden. Ook in het sympathisch zenuwstelsel moeten wij twee gedeelten uit elkaar houden, en zoo spreekt men op het voetspoor van LANGLEY, die hierover uitgebreide en fundamenteele onderzoekingen heeft verricht, van een sympathicus en een parasympathicus, twee gescheiden systemen, waarvan de werking antagonisctisch is; prikkeling van het eene gedeelte geeft bijvoorbeeld vaatverwijding, hartverlangsaming, van het andere gedeelte vaatvernauwing, hartversnelling. LANGLEY toonde aan, dat men door een verdunde oplossing van nicotine op de blootgelegde ophoopingen van sympathische gangliencellen te druppelen, men de gangliencellen kon verdooven, terwijl de zenuwvezels de prikkels ongehinderd voortgeleidden. Door middel van deze beroemd geworden methode van onderzoek kon hij de werking van allerlei ophoopingen

van sympathische gangliencellen analyseeren, kon hij de antagonistische werking demonstreeren, en nagaan, waar de verschillende deelen lagen; het bleek, dat een deel van den parasympathicus zijn oorsprong vond in het centrale zenuwstelsel zelf, en wel in het craniaal gelegen kopgedeelte en in het caudaal gelegen bekkengedeelte. In het rompgedeelte van het zenuwstelsel ligt de eigenlijke sympathicus, in den zoogenaamden grensstreng, die langs den ruggegraat loopt en door tal van fijne takjes met het ruggemerg en met de dichter in de buurt van de ingewanden liggende ophoopingen van gangliencellen verbonden is. Vandaar uit gaan dan de fijnere vertakkingen in vrijwel onontwarbaar schijnende verwikkeling naar de ingewanden zelf. Daarover later nog enkele woorden.

Hoe langer hoe meer wordt nu tegenwoordig het groote belang van dit sympathisch zenuwstelsel ingezien. De moeilijkheden van het onderzoek zijn hier verbazend groot, en vandaar dat men er vroeger nooit de noodige aandacht aan heeft geweid. Voor 40—50 jaren werd door TALMA reeds op de groote belangrijkheid van het sympathisch systeem voor allerlei ziekte toestanden gewezen in een onderzoek, dat men nu met de grootste bewondering leest. Toen het in het licht gegeven werd, hechtte men er geen waarde aan en het werd volkomen vergeten. Heden ten dage wordt van alle zijden dit systeem onderzocht; het is, zooals PIERRE MARIE in een eenige jaren geleden verschenen boekje zeide, de terra incognita, maar ook het Beloofde Land, naar de verovering waarvan door clinici en anatomen, physiologen en histologen met alle energie wordt gestreefd. Doch bij de moeilijkheid van het onderzoek zal het nog jaren duren, voor men zich van de werking van dit gedeelte van ons zenuwstelsel eenigermate een oordeel zal kunnen vormen.

Laat mij U van de moeilijkheden van dergelijke onderzoek ten slotte eenige voorbeelden geven.

Hoe subtiel de werking van den sympathicus op de verschillende

organen van het lichaam moet worden opgevat, blijkt wel uit het volgende: zooals wij zagen, liggen de ophoopingen van sympathische gangliencellen vooral in de buikholte, en zijn zij door fijne draden met het centrale zenuwstelsel, het ruggemerg, verbonden. Men kan nu bij het levende dier het grootste gedeelte van dit geheele complex wegnemen, zooals bijv. door een Amerikaansch physioloog werd gedaan. Men zou zoo zeggen, dat het dier dan na zulk een gewelddadige operatie wel spoedig te gronde zou gaan, doch dit is volstrekt niet het geval; in het laboratorium van CANNON bevindt zich een kat, wiens sympathische zenuwstelsel nagenoeg geheel uit de buikholte is verwijderd en in een flesch met formol U wordt gedemonstreerd, en toch loopt het dier vroolijk rond, vertoont geen merkbare afwijkingen van een normale kat, doch is alleen uiterst gevoelig voor allerlei storingen, die op een normaal dier geen invloed uitoefenen. Het vertoont wat wij zouden betitelen met „een zwakke constitutie".

Zoo kan men bijv. aan de eene zijde van de buikholte alle verbindingen van den sympathicus met het ruggemerg doorsnijden; dan kost het de grootste moeite om eenig verschil in gedraging tusschen de eene lichaamshelft en de andere, waar de sympathicus intact gelaten is, aan te toonen. Zoodra het onderzoek evenwel met de meest verfijnde methoden, waarover men kan beschikken, wordt verricht, stuit men op zeer duidelijke afwijkingen.

In den wand van het darmkanaal bevindt zich niet alleen een uiterst gecompliceerd netwerk van sympathische zenuwdraden, die overal in den darmwand aan te toonen zijn, maar ook talrijke verspreid liggende ophoopingen van sympathische gangliencellen, zooals ik U aan eenige lantarenplaatjes kan laten zien. Dit geheele systeem reguleert de bewegingen en gedragingen, afscheiding en rescorptie van den darmwand. Nu kan men, zooals door MAGNUS, VAN ESVELD en anderen werd gedaan, lange reepen van de spierlaag van den darmwand uit het lichaam wegnemen, die in verwarmde voedende vloeistof ophangen en zoo in het leven houden. Zij

vertoonen dan uiterst regelmatige bewegingen, rhythmisch als die van het hart, maar veel langzamer. Men kan dan aan dergelijke preparaten den invloed van allerlei stoffen op die beweging nagaan enz. Het merkwaardige is nu echter, dat, zooals VAN ESVELD aantoonde, alle sympathische gangliencellen uit zulk een spierreepje kunnen worden verwijderd, wat dan na afloop van den proef door een histologisch onderzoek met zekerheid kan worden uitgemaakt, en toch zien wij dan de rhythmische bewegingen ongehinderd doorgaan, terwijl zelfs verschillende vergiften nog dezelfde werking op de spierelementen uitoefenen als toen nog de gangliencellen aanwezig waren. Het komt er slechts op aan, dat de bovengenoemde zenuwnetten in de spierlaag zelve onverlet aanwezig zijn. Door de gangliencellen zelve wordt, naar het schijnt, slechts een reguleerende, zooals men zegt, trophische werking uitgeoefend... In den spierlaag zelve staan dan deze gangliencellen door middel van schakelelementen met de zenuwnetten in verbinding.

Zoo is men er langzamerhand toe gekomen, om meer en meer den nadruk te gaan leggen op de bovengenoemde sympathische zenuwnetten en niet in de eerste plaats op de gangliencellen van het sympathisch systeem. En dan blijkt juist in den laatsten tijd meer en meer, hoe wij overal in het lichaam deze sympathische zenuwnetten kunnen aantoonen, in het bindweefsel, in de spieren van den vaatwand, in de klierformaties, ja zelfs in het vetweefsel, dat daardoor blijkt onder den invloed van het zenuwstelsel te staan, zoodat wij aan dezen zoogenaamden grondplexus van het sympathisch systeem als iets zelfstandigs, iets op zich zelf staands een groote beteekenis moeten toekennen, en daarin moeten zien het algemeene regulatorische systeem, dat alle verrichtingen van ons lichaam reguleert en beïnvloedt, zoowel in de eene als in de andere richting, positief en negatief, naast den invloed, die van de in het centrale zenuwstelsel gelegen elementen uitgaat.

Eén orgaanstelsel was nu in het lichaam aanwezig, dat volgens LANGLEY in het geheel niet onder den invloed van het sympathische

systeem stond, behalve dan den invloed, die er op werd uitgeoefend door de wisselende verzorging met bloed, die natuurlijk door den sympathicus werd geregeld, en dat was het spierstelsel, de zoogenoemde dwarsgestreepte spieren, de willekeurige spieren, waarmede wij onze actieve bewegingen uitvoeren. De bewering, dat LANGLEY in die opvatting had gefaald, en dat wel degelijk ook deze spieren met het sympathisch zenuwstelsel verbonden waren en onder den directen invloed er van stonden, heeft tot een reeks van onderzoekingen geleid, die vaak elkaar tegensprekende uitkomsten gaven, zoodat de eene groep van onderzoekers met even groote stelligheid verzekerden, dat LANGLEY gelijk had gehad, als de andere groep, dat hij ongelijk had. Ook hier is het een tweeledige moeilijkheid, die het nauwkeurig vaststellen van de verhoudingen belemmert. In de eerste plaats is het zeer moeilijk, om in de mikroskopische preparaten het bestaan van een sympathisch netwerk van zenuwen in de dwarsgestreepte spieren aan te toonen. Dat dit evenwel zoo is, kan ik U nog aan eenige lantarenplaatjes aantoonen. Maar in de tweede plaats is het zoo moeilijk, om door physiologische proeven, die den toets der kritiek kunnen doorstaan, een dergelijke subtiele werking van die fijne netwerken in de spier aan te toonen. Doch meer en meer schijnt het geheele vraagstuk toch zijne oplossing te naderen. Uiterst exact uitgevoerde proefnemingen, zooals die van VAN DIJK en LANGELAAN, hebben toch wel duidelijk aangetoond, dat een inwerking van den sympathicus op de vermoeienis van de spiervezelen, en op hun spanning (wat men noemt den plastischen tonus) onmiskenbaar is.

Zoo wordt dus langzamerhand het terrein ontgonnen, maar het zal nog wel jaren duren, voordat het beloofde land zich in al zijn vruchtbaarheid voor onze blikken vertoont, en wij over de werking van den sympathicus ons een duidelijk beeld zullen kunnen vormen. Dit U te hebben aangetoond, was ten slotte het doel van deze voordracht; ik hoop, dat ik daarin ben geslaagd.

OVER DE ATOOMKERNEN

door

Prof. Dr. A. D. FOKKER.

Het is vanavond mijn taak U in te leiden in een gebied der hedendaagsche natuurkunde, waarin het onderzoek bezig is, met groote krachtsinspanning, met machtige en toch verfijnde hulpmiddelen, en met een stoutmoedige verbeeldingskracht door te dringen tot het hart der atomen, tot de atoomkernen. Gij kent reeds de gestalten, waarmede onze voorstellingswereld aangaande den buitenkant der atomen bevolkt is. De natuurwetenschappelijke cultuur, waarin het Genootschap Diligentia U vereenigd houdt, door zijn jaarlijks verschijnende roosters van actueele voordrachten, vergunt mij de onderstelling, dat ik niet behoef uit te leggen, wat men erbij denkt wanneer men van atomen en elektronen handelt, gij weet dat wij spreken van een elektronenkluwen om een kleine, zware, elektrisch geladen atoomkern. Het gaat er nu om, de eigenschappen van die kernen nader te leeren kennen, te preciseeren en formuleeren.

Reeds lang weet men, dat in de kernen de massa geconcentreerd is, en dat zij positief geladen zijn. Dat is de interpretatie welke RUTHERFORD gegeven heeft aan de uitkomsten van GEIGER en MARSDEN, die de richtingsveranderingen gemeten hebben, welke men bij een bundel van α-deeltjes vindt, wanneer zij door dunne blaadjes metaal geschoten worden. De grootte van de *lading* zou een veelvoud bedragen van de elementaire elektrische lading. Dit veelvoud, het atoomgetal of *atoomnummer*, bepaalt het aantal

elektronen, dat het atoom in neutralen normalen toestand als kluwen om zich heen bevat. Het bepaalt de chemische eigenschappen en MOSELEY vond, dat de frequenties van röntgenstralen, die de elementen konden uitzenden, een vloeiende functie waren van die atoomgetallen. Deze lading is misschien wel het eenvoudigste kenmerk van een atoomkern, het getal dat deze lading aangeeft is altijd een geheel getal.

Met de *massa* der atomen — en, als men de massa van het elektronenkluwen daarvan aftrekt, ook met de massa der atoomkernen — heeft de chemie zich bezig gehouden. Sinds anderhalve eeuw hebben scheikundigen zich ingespannen om de atoomgewichten nauwkeurig te bepalen. Aanvankelijk leek het, of de atoommassa's veelvouden waren van die van het waterstofatoom, maar het bleek, dat de verhoudingsgetallen dichter bij geheele getallen kwamen te liggen, wanneer men het atoomgewicht voor de zuurstof op 16,0000 stelde, waardoor dat voor waterstof kwam op 1,00778. De massa van een elektron is 1/1843 daarvan, dus 0,000547, de waterstofkern staat dus op 1,00723. De zuurstofkern, die 8 elektronen om zich heen heeft, zal dus zelf een massa hebben 15,9956. Een heliumatoom met twee elektronen, heeft de massa 4,00216, de heliumkern dus 4,00107. In absolute maat weegt een waterstofatoom (1,6628 $\pm$ 0,0017) 10^{-24} gram, om het gemakkelijk te onthouden 5/3-maal de massa van een kubieke Ångström water, indien men dat nog zoo zeggen mag.

Dichter komt men bij geheele getallen, voor de kernmassa's, indien men voor de heliumkern stelt 4,0000. Dit noemen wij de massagetallen. Op de absolute maat komt het voor ons verder niet in de eerste plaats aan.

De heliumkern is tennaastebij 4 maal zoo zwaar als een waterstofkern, en de zuurstofkern tennaastebij 4 keer zoo zwaar als een heliumkern, en de eerst opkomende gedachte is, dat de zuurstofkern zou kunnen bestaan uit vier heliumkernen, en een heliumkern uit

vier waterstofkernen. Maar dan kan dat „tennaastebij" ons niet met rust laten. Vier heliumkernen hebben tezamen een massa 16,00428, dat is 0,0087 meer dan een zuurstofkern. Waar kan die massa gebleven zijn? Vier waterstofkernen hebben samen een massa 4,0289, en een lading vier. De lading van de helimkern is twee; indien hij vier waterstofkernen bevat, moet hij dus ook nog twee elektronen bevatten, met een massa 0,0011, samen 4,0300. In werkelijkheid is de massa van de heliumkern 4,00216, dat is 0,0278 minder. Waarheen zou deze massa verdwenen kunnen zijn? Is er dan geen behoud van massa, — grondstelling van LAVOISIER?

EINSTEIN heeft uit een beschouwing over den stralingsdruk de conclusie getrokken, dat een overbrenging van energie door straling gepaard moest gaan met een verplaatsing van massa, en deze equivalentie van energie en massa vindt in de relativiteitstheorie een algemeen geldige basis. Indien er nu in de zuurstofkern een *massa-defect* is, vergeleken bij de vier heliumkernen, waaruit hij zou kunnen bestaan, dan kan men aannemen, dat er bij het ontstaan van een zuurstofkern een groote hoeveelheid energie is vrijgekomen en naar buiten afgegeven, en dat daardoor een gedeelte van de massa in een anderen energievorm aan de combinatie onttrokken is. De mate waarin bij de verbinding der heliumkernen energie vrijkomt bepaalt de hechtheid van de vereeniging. In het massadefect komt dus tot uiting de bindingsenergie. Energieën moet men natuurlijk in ergen uitdrukken. In dit gebied neemt men dikwijls als maat de energie die een electron krijgt bij het doorloopen van een volt spanningsverschil. De orde van grootte is hier een millioen electronvolt. Nu willen wij noteeren dat een atoommassa-eenheid beantwoordt aan 932 millioen electronvolt, of 1,483 millierg. Is dit nu veel of weinig? Indien men 1 gram waterstof (11 liter) zou weten om te zetten in helium, zou er een massa vrijkomen $7^1/_2$ pro mille, dat is dus $7^1/_2$ milligram, dat beteekent

een energie van bijna 7×10^{18} erg, of bijna tweehonderdduizend kilowattuur. — Aan de massa van een elektron beantwoordt 0,51 millioen eV. Dat is te onthouden. De interpretatie van een massa-defect als bindingsenergie der kernbestanddeelen maakt dat het van groot belang is de kernmassa's zoo nauwkeurig mogelijk te kennen.

De massa van een atoomkern is niet ondubbelzinnig bepaald door het atoomnummer. Reeds betrekkelijk kort na de verklaring die RUTHERFORD en SODDY van de radio-activiteit hadden gegeven als een voortschrijdend afbrokkelingsproces der radioactieve atomen, was men tot de conclusie gekomen dat er atomen moesten zijn, met dezelfde chemische eigenschappen dat is met dezelfde plaats in het systeem der elementen, met hetzelfde atoomnummer, maar toch verschillend in kerneigenschappen. De drie radio-actieve gassen bijvoorbeeld, de emanaties van thorium, radium en actimium, alle drie inerte gassen, (als volgende leden in de familie der edele gassen neon, argon, krypton, xenon) met een atoomnummer 86, hebben massagetallen 220, 222 en 219. Zij gedragen zich zeer verschillend. Van de thoriumemanatie brokkelt gemiddeld per seconde een atoom op de tachtig af tot thorium A, van de radiumemanatie doen dit per seconde slechts twee in het millioen, terwijl de actimiumemanatie zeer nerveus is: per seconde suïcideeren 18% atomen. Men noemt zulke elementen *isotopen*, in hun chemische reacties niet onderscheidbaar, maar met toch verschillende kern. Gij weet dat ASTON de massa's der atomen nauwkeurig heeft bepaald. Velen van U kennen ook de manier waarop; in een beschrijving daarvan en van zijn z.g. massa-spectograaf mag ik vanavond niet treden. Wat wij echter noodig hebben te weten is, dat verscheidene elementen der chemie bleken te zijn mengsels van isotopen. Sommige elementen zijn enkelvoudig, bijvoorbeeld fluor, natrium, aluminium, phosphor. Maar naast koolstof met massagetal 12 heeft men, in zeer geringe hoeveelheid, een isotoop 13

gevonden, en naast stikstof 14 ook stikstof 15. Naast de zuurstof 16 kent men zuurstof 17 en zuurstof 18, zij het ook dat deze isotopen zeldzaam zijn. Maar kalium 39 heeft als isotoop voor 5% naast zich het radioactieve kalium 41. IJzer komt in twee isotopen, 54 en 56, nikkel en koper eveneens in twee isotopen voor. Van krypton zijn er zes, van xenon negen, van tin elf isotopen. Verrassend is, dat men te elfder ure, een jaar geleden pas, een *isotoop van waterstof* heeft ontdekt, met atoomgewicht 2,0135 en kernmassa 2,01295. Deze kern is de helft van een heliumkern. De Engelschen stellen voor te spreken van diplon, de Amerikanen zeggen deuton.

Behalve lading en massa heeft de kern nog een merkwaardige eigenschap, die, evenals de vorige, statisch genoemd mag worden, en die in de klassieke natuurkunde niet bekend was. De aan 't Engelsch ontleende kunstterm daarvoor is *„spin"*. Deze eigenschap heeft men allereerst ontdekt aan, wellicht beter gezegd toegeschreven aan, elektronen, en zulks ter verklaring van multiplets in de spektraallijnen. Gij weet, dat onze landgenooten GOUDSMIT en UHLENBECK, twee leerlingen van EHRENFEST, met COMPTON de eersten zijn geweest om te stellen dat de doubletten, zooals men die in de alkalispectra en in de detailstructuur van 't waterstofspectrum ontmoet, toegeschreven moesten worden aan een bijzonderheid van het lichtstralende elektron, die door een quantumgetal met twee toelaatbare waarden, $^1/_2$ en $-^1/_2$, kon worden gekenmerkt. In de beeldspraak van die dagen heette het, dat het electron behept zou zijn met de eigenschap van een draaienden tol, het zou een draaiïmpulsmoment bezitten, en dat zou zich kunnen richten parallel of antiparallel aan den draaiïmpuls die aan de baanbeweging eigen was. In een magnetisch veld zou deze „spin" zich ook instellen, alsof het electron een magnetisch moment hadde. De verhouding van magnetisch moment tot mechanisch moment zou het dubbele zijn van die verhouding bij de baanbeweging: dat gaf

een uitleg voor het anomale Zeeman-effect. Een tol, een magneetje: dat zijn beelden. Vraagt U mij, of inderdaad het „spin-"electron een tolletje en een magneetje is, dan beperk ik mij tot het antwoord: het doet „alsof". In den grond beteekent de eigenschap die met „spin" wordt aangeduid een menigvuldigheid van zijnswijze. Een spin groot $^1/_2$ beteekent een tweevoudigheid, een spin groot 1 beteekent drievuldigheid, een spin s beteekent een (2s + 1)-vuldigheid.

Welke veelvuldigheid kan er nu ontstaan door de combinatie van twee gelijke elementen, die elk een spin $^1/_2$ hebben, dat is, elk een tweevoudige zijnswijze hebben? Er zal ontstaan een tweemaal twee, dat is viervoudigheid van zijnwijzen. Deze viervoudigheid groepeert zich in een enkelvoudigheid en een drievoudigheid. Brengen wij de tweevoudigheid in beeld door letters a en b. De viervoudigheid hunner combinatie ziet men in aa, ab, ba, bb. In de eerste, aa, kan men de twee leden verwisselen, en men houdt dezelfde constellatie. Desgelijks is het met de vierde gesteld, bb. Bij de andere echter is dit niet het geval. Pas de samenvoeging van deze twee, met het plusteeken (wat hiervan overigens de bedoeling zij), levert een combinatie (ab + ba), die ongevoelig is voor de verwisseling der leden. Daarentegen is het met de samenvoeging met minteeken, (ab — ba), zóó gesteld, dat verwisseling met omkeering van teeken gelijk staat. Wij hebben aldus een symmetrische drievuldigheid en een antisymmetrische enkelvoudigheid. De combinatie van twee spins $^1/_2$ loopt alzoo uit op een drievuldigheid, dat is spin 1, en een enkelvoudigheid, dat is spin nul.

Combinatie van twee spins S loopt op deze manier uit op een $(2s - 1)^2$—vuldigheid, die zich groepeert in een symmetrische (s + 1) (2s + 1)-vuldigheid en een antisummetrische s(2s + 1)-vuldigheid.

Dit is door HUND toegepast ter verklaring van een afwisselende intensiteit in het bandenspectrum, van waterstofmoleculen. Dat bestaat uit lijnen die in een sterkteverhouding 1 op 3 alterneeren.

Wij zien daarin met onze fantasie de verhouding van een symmetrische drievuldigheid en een antisymmetrische enkelvoudigheid, zooals ontstaan kan uit samenvoeging van twee tweevoudige zijnswijzen, en concludeeren, dat de waterstofkernen aldus in de moleculen tentoonspreiden een spin $^1/_2$. In het bandenspectrum van stikstof heeft VAN WIJK gemeten een alterneerende intensiteitsverhouding van 1 op 2, wij concludeeren dat de stikstofkern een spin 1 heeft. Desgelijks blijkt lithium 7 (niet de isotoop lithium 6) een kernspin 3/2 te hebben.

Bij zwaardere atomen is er een zeer fijne detailstructuur in de lichtspectra, een micromultipliciteit in de lijnen, die eveneens duidt op een multipele wisselwerking van kern en elektronenkluwen, wederom een veelvuldigheid van de atoomkern. De twee isotopen 121 en 123 van antimoon hebben spins $2^1/_2$ en $3^1/_2$. Den grootsten kernspin heeft men waargenomen bij bismuth, bij jodium en bij indium, n.l. $4^1/_2$.

De *radioactiviteit* was de eerste eigenschap die men heeft leeren kennen, welke aan de kern van sommige atomen moest worden toegeschreven. Dit is een bij uitstek dynamische eigenschap. Gij weet, dat de radioactieve stoffen drieërlei straling kunnen uitzenden: zware corpusculaire, dat zijn α-stralen, heliumkernen; voorts lichte corpusculaire, de β-stralen, elektronen; en tenslotte electromagnetische straling, de γ-stralen.

De α-deeltjes worden allen met dezelfde snelheid uitgestooten, zij kunnen in de lucht over zekeren afstand doordringen, alle α-stralers hebben een kenmerkende dracht hunner α-deeltjes. Bij het uitzenden van een α-deeltje gaat de atoomkern over in een andere, die 4 eenheden lichter is en twee ladingen minder draagt. Er is een bepaalde kans, dat deze overgang gedurende een seconde zal plaats hebben, die de gemiddelde levensduur der atomen bepaalt. Voor radium is deze gemiddelde levensduur 1850 jaar, voor uranium vijf en dertig millioen malen langer. Er zijn echter

ook atomen met een gemiddelde levensduur van een tienduizendste seconde.

Bij het uitzenden van een β-straal lijdt de kern geen merkbaar massaverlies maar wel wordt zijn lading een eenheid grooter. De energieën der β-stralen vertoonen geen discrete bepaalde waarden, het spectrum is continu, althans voor de electronen die uit de kern komen. Er zijn ook electronen, die uit het perifere elektronenkluwen zijn weggeschoten door γ- en door β-stralen, maar dit is veeleer een secundair effect.

De γ-stralen vertoonen wederom een discreet spectrum. Zij hebben zeer bepaalde frequenties.

De uitzending van α-stralen door de kern was een duistere onbegrijpelijkheid. Uranium zendt betrekkelijk langzame α-stralen uit. Men zou kunnen beproeven deze weer op de kern, en erin te schieten. Dat lukt echter niet. Ja, men kan klassiek gesproken niet verwachten, dat zij de kern bereiken zullen. Uit de afwijkingen die zeer snelle α-stralen krijgen, wanneer men daarmede uraniumkernen beschiet, blijkt dat deze kleiner straal hebben dan 3×10^{-12} cm, en omgeven zijn door een afstootend electrisch veld, omgekeerd evenredig met het kwadraat van den afstand. In dit veld zouden de langzame α-stralen die het uranium uitzendt, niet nader tot de kern kunnen doordringen dan tot op 6×10^{-12} cm. Zij blijven er dus ver vandaan. Maar zij zijn er toch uitgekomen! Hoe kan dat dan? Niet volgens de klassieke voorstellingen! Hier zijn wij vooruitgekomen door de toepassing, die GAMOV en die GURNEY en CONDON van de quantummechanica gemaakt hebben. Er zijn kennelijk, behalve de afstootende krachten aan den buitenkant, ook krachten die een α-deeltje in de kern naar binnen trekken, anders zou de kern geheel uit elkander spatten. Naar het midden van de kern toe moet er voor een α-deeltje een minimum van potentieele energie zijn. Om een beeld te gebruiken: het bedrag van de potentieele energie is als een krater: van buiten naar binnen

loopt het eerst op om in een kraterrand een maximum te bereiken en vervolgens weer te dalen. In de klassieke voorstelling van een deeltje is het niet mogelijk, dat het hooger tegen de berghelling oploopt, dan zijn energie bedraagt. Is die energie niet toereikend om den kraterrand te bereiken, dan zal het òf altijd binnen, òf altijd buiten blijven. In de quantummechanica denkt men aan een golving, die niet als een deeltje spits gelocaliseerd is, maar ruimtelijk uitgebreid. In de plaats van het energiebegrip treedt hier de frequentie. Weliswaar zal de amplitude geringer worden daar waar de z.g. potentieele energie grooter wordt, maar ze zal geheel verdwijnen slechts wanneer de potentieele energie oneindig groot wordt. Hoe grooter de frequentie is, op des te hooger energieniveau zal de golving zich afspelen. Indien op hooger niveau de golving zich door den kraterrand voortplant, zal de afstand, waarover de afneming van de golving voortgaat, korter worden. Tevens zal de mate van afneming, die bepaald wordt door het verschil van de potentieele energie en de frequentie-energie, geringer zijn. Hoe grooter de frequentie is, des te meer merkbaar zal de sterkteverhouding zijn van de golving buiten en binnen. Een merkbare golving buiten beteekent voor ons, dat het α-deeltje kans heeft, door den kraterrand van de potentieele energie heen naar buiten te komen.

Woorden en beelden zijn niet toereikend om het begripsbeeld weer te geven, dat wij met wiskundige formules tot uitdrukking brengen kunnen. De quantumtheorie geeft ons een onaanschouwelijke begrips-constructie die ons in staat stelt statistische gemiddelden te berekenen waaraan onze verschijnselen beantwoorden.

Door de theorie der spectraallijnen van BOHR zijn wij gewend aan de voorstelling, dat een atoom, zeg liever het electronenkluwen eromheen, in verschillende bewegingswijzen kan verkeeren, en dat de uitzendingen der lichtquanta gebonden zijn aan wisselwerkingen, zeg overgangen tusschen die bewegingswijzen. Het ligt voor de

hand, dat wij gelukkig zouden zijn, indien wij zulke voorstellingen ook te pas konden brengen bij de atoomkernen. Kunnen de kernen zelf ook in *verschillende bewegingswijzen* verkeeren, en kan men aan waarnemingen waar maken, dat γ-stralen bij den overgang tusschen die bewegingen worden uitgestraald? Inderdaad is men in die richting een eind gevorderd.

Indien een kern een α-straal uitzendt, zou hij zelf in verschillende bewegingswijzen kunnen achterblijven. Thorium C kan een α-straal uitzenden, en gaat dan over in Thorium C''. De nieuwe kern zou, na de amputatie, in verschillende staten van opwinding kunnen achterblijven. Dit zou beteekenen, dat hij op verschillend energiepeil zou achtergelaten worden, dat wil zeggen dat de α-stralen uit Thorium C niet alle evenveel energie mede kunnen krijgen. Er zouden bundels met verschillende snelheid aantetoonen moeten zijn.

Aangezien men de massa en de lading der α-deeltjes kent, kan men de snelheid berekenen, indien men de kromming der baan meten kan, die zij in een magnetisch veld beschrijven. Daar zij zwaar zijn, is de kromming maar zeer gering, men moet magnetische velden van groote uitgestrektheid hebben. COTTON heeft voor de Académie des Sciences een groote electromagneet laten maken, die opgesteld is in Bellevue (Office national des Recherches scientifiques et industrielles). ROSENBLUM heeft daarmede inderdaad kunnen vaststellen, dat de α-stralen van ThC uit zes groepen bestonden, twee zeer zwakke. De energieverschillen van deze α-stralen zullen ons leeren de energieverschillen in de bewegingswijzen van de kern ThC''. Komen er nu overgangen tusschen deze voor, die begeleid worden door uitzending van γ-stralen? Inderdaad is dit het geval. Er zijn verscheidene γ-stralen met energieën gelijk aan deze verschillen.

Het ThC kan ook een β-straal uitzenden. Het gaat dan over in Thorium C'. Ook dit kan in verschillende bewegingswijzen geboren worden, die met uitzending van γ-stralen overgaan in den

stabielsten vorm van ThC'. Van thorium C' leidt een α-uitzending naar thorium D. Hier ontmoeten wij het geval, dat ThC' zoo instabiel is, dat ook in de hooger opgewekte bewegingswijzen het wel eens een α-straal uitzendt, voordat het tot emissie van een γ-straal gekomen is. Zulk een α-straal zal dus grootere energie hebben dan de normale α-straal van ThC'. Dit zijn verre-dracht-deeltjes die zeldzaam zijn, maar toch door RUTHERFORD ontdekt, en ook gemeten. Inderdaad vindt men ook hier verscheidene energieverschillen die ThC' — blijkens de verschillen der α-straal-energieën — vertoonen kan, terug als γ-quanta.

RUTHERFORD en medewerkers hebben de verre-dracht-deeltjes van RaC' onderzocht. Zij vonden daarin 13 groepen. De energie-niveau's vertoonen verscheidene verschillen die overeenkomen met door ELLIS gemeten γ-quanta. De analyse dezer relaties is echter nog niet voltooid.

Waaruit zijn de atoomkernen opgebouwd? In tegenstelling tot de kosmische ijlheid van het elektronenomhulsel moeten wij ons in de kern een compacte samenballing voorstellen. Maar wat zit daarin?

Allereerst zullen wij mogen denken aan dat wat uit sommige kernen komt: α-stralen, β-stralen, γ-stralen. Wat de γ-stralen betreft, die van electromagnetischen aard zijn, mij dunkt dat weinigen erop zullen staan om die te beschouwen als iets materieel-onveranderlijk-individueels dat in de kern als zoodanig aanwezig is. Men zal zeggen dat hun energie — al moge die dan tot de kern-massa bijdragen — immaterieel is.

Met de β-stralen, de β-deeltjes, is het anders gesteld. Wij zien die in onze verbeelding als materieele dingen, die fotografeerbare sporen nalaten in de Wilson-camera, en die ook wel aanwezig zullen zijn geweest in de plaats, waar zij vandaan zijn gekomen, in de kern. Nu zou ik te dezen opzichte tot voorzichtigheid willen manen. Is het wel zoo zeker, dat een β-deeltje als individu in de

kern te onderscheiden is? Eigenlijk moet men het tegendeel zeggen. Reeds in het perifere elektronenkluwen van het atoom gaat de individualiteit van het electron op in het ensemble, waarin de bestanddeelen niet meer te onderscheiden, ononderscheiden vereenigd zijn. Evenzoo zal men zich denken dat de afzonderlijkheid der bestandeelen in de kern verloren gaat.

Hoe dit zij, wij behoeven ons niet te verliezen in de philosophische vragen of een elektron in de kern nog als elektron bestaat of bestaan kan. Wij kunnen ons ermee vergenoegen, dat wij het feit, dat een kern een elektron kan wegschieten en daarbij een ander soort kern wordt, kleeden in de woorden: tot de bestanddeelen van de kern behooren ook elektronen. Op dezelfde wijze kunnen wij het bedoelen wanneer wij zeggen dat tot bestanddeelen van de radioactieve kernen ook behooren α-deeltjes.

De vraag is: zijn er ook nog andere bestanddeelen dan deze? Het feit, dat niet alle kernen als massagetal een veelvoud hebben van vier bewijst, dat inderdaad er andere bestanddeelen zullen moeten zijn. Welke? Reeds kort na den oorlog heeft RUTHERFORD lichte elementen beschoten met snelle α-deeltjes, en hij heeft kunnen vaststellen, dat er daardoor uit verschillende elementen deeltjes werden weggeschoten, die veel verder kwamen dan de dracht van zijn α-deeltjes reikte. Hij concludeerde dat dat losgeslagen atoombrokken moesten zijn, en dat het waterstofkernen waren, *protonen*, zooals men thans zegt. Later heeft BLACKETT deze processen in een Wilson-camera zichtbaar gemaakt en gefotografeerd. Hij maakte stereoscopische opnamen en kon daardoor de hoeken meten van de banen der α-deeltjes en der botsingsproducten. Bij zijn opnamen zijn verscheidene *elastische* botsingen van α-deeltjes met waterstof, met helium, en met stikstof. Er zijn er echter ook, die *niet elastisch* zijn, waar men na de botsing een ander spoor ziet, een proton. Was het nu zoo, dat de stikstofkern uiteen geslagen werd, dan zou men na de botsing drie deeltjes

moeten zien. Dit is *niet* het geval. BLACKETT vond dus meer dan de bloote aanwezigheid van protonen als bestanddeel in de stikstofkern: hij vond dat het α-deeltje, de heliumkern, zich met de stikstofkern kon vereenigen: een *kern*-reactie:

$$^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}.$$

De nieuwe kern moet massa 17 en lading 8 hebben. Dit laatste stempelt hem tot een zuurstofkern, en wel de isotoop 17 van zuurstof.

Protonen worden ook door α-stralen weggeschoten uit de kernen van borium, fluor, neon, natrium, aluminium, silicium, phosphor, zwavel, chloor, argon, kalium.

Uit *beryllium* heeft men geen protonen kunnen krijgen. BOTHE en BECKER pakten dit aan. Ze beschoten een berylliumpreparaat met α-stralen van polonium, en kregen een zeer doordringende straling, die zij, terecht, als γ-straling opvatten. Echter was daarmee niet alles gezegd, JOLIOT en IRÈNE CURIE herhaalden deze proeven en ontdekten, dat de stralen van (Po, Be) uit waterstofhoudende stoffen — een cellophaanhuidje, een dun laagje paraffine — een sterk ioniseerende straling vrij maakten, zoodat het effect in hun ionisatievaten vermeerderde door tusschenschuiven van paraffine, in plaats van te verminderen. Zonder te ioniseeren, kunnen deze (Po, Be)-stralen door botsing kernen wegstooten, zoodat die wel ioniseeren: waterstof-kernen en helium-kernen. CHADWICK onderstelde dat het ongeladen deeltjes zouden zijn, met de massa van een proton. Wij spreken nu van *neutronen*, als product van de reactie van α-deeltjes en beryllium-kern:

$$^{9}_{4}\mathrm{Be} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{13}_{6}\mathrm{C} + {}^{1}_{1}\mathrm{n}.$$

De botsingen der neutronen met andere kernen kunnen elastisch

verloopen. Zij kunnen echter ook door de andere kern worden gebonden, en er kan dan een ander stuk van het atoom wegvliegen. Zoo vonden JOLIOT en IRÈNE CURIE een geval, dat een stikstofkern door een neutron werd bevrucht, en een α-straal uitgestooten werd:

$$\mathrm{{}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{4}_{2}He.}$$

LISE MEITNER vond dergelijke processen, ook bij zuurstof:

$$\mathrm{{}^{16}_{8}O + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{4}_{2}He.}$$

De neutronen zijn niet alleen aan den dag gekomen uit beryllium, maar ook uit lithium, borium, fluor, neon, natrium, magnesium en aluminium. Uit Li(6), B(10), C(12), N(14), O(16) heeft men ze *niet* gekregen. Voor de massa van het neutron vindt men de grenzen 1,0056 en 1,0074, meestal neemt men het getal van CHADWICK, 1,0065, maar hierover heerscht nog geen eenstemmigheid. JOLIOT en CURIE meenen te moeten concludeeren tot 10,010.

Nog een andere soort deeltjes werd, nu een jaar geleden, ontdekt door ANDERSON. Deze fotografeerde banen van de doordringende deeltjes die in de kosmische straling de atmosfeer doorschieten BLACKETT en OCCHIALINI herhaalden dit op groote schaal. De pointe dezer proeven was, dat men de Wilson-camera in een magnetisch veld plaatste, en uit de kromming iets omtrent de energie wilde leeren kennen. Het bleek, dat men ontmoette positieve elektronen, positief geladen deeltjes met electronenmassa. Voor deze deeltjes is thans de naam *positronen* in gebruik.

Eenmaal ontdekt, bleken zij niet moeilijk te vinden. JOLIOT maakte ze, met de straling van een polonium-berylliumpreparaat, uit lood vrij. Dit deden tegelijk LISE MEITNER en ook BLACKETT. Dit geschiedt door de γ-straling. Ook de γ-straling van ThC'' doet dit, met een energie 2,62. 10^6 elektronvolt. Hier zien wij iets

grootsch gebeuren. In de foto's die met behulp van de Wilson-camera van dit proces gemaakt zijn, zien wij telkens twee elektronen tegelijk ontstaan, een positief en een negatief, het positieve met grooter snelheid. De onderzoekers stemmen overeen in de gevolgtrekking, dat door de wisselwerking van het γ-straalquantum met een kern een deel van het quantum energie wordt omgezet in materie, in de massa van een positief en van een negatief electron. Het overschot der energie dient voor de kinetische energie der tweelingen. Het positron wordt door de kern afgestooten, versneld, het negatieve aangetrokken en geremd. De experimenteerkunst doet ons nu getuige zijn van de schepping van materie, van twee individueele massa's, uit de immaterieele stralingsenergie — voor zoover die immaterieel mag genoemd worden.

Het omgekeerde proces grijpt ook plaats: positronen en elektronen kunnen zich met elkaar vereenigen, en hun massa restloos doen opgaan in twee uitgestraalde γ-quanta. Dit hebben JOLIOT, en ook THIBAUD kunnen vaststellen. *Verstoffelijking van energie* en *ontstoffelijking van materie*, dat is het thema dat thans uit het rijk der fantasie getreden is en punt van actueel onderzoek geworden is.

RÖNTGENANALYSE EN DE MINERALEN DER AARDKORST

(De Kristalchemie der Silicaten)

door

Dr. J. M. BIJVOET.

---

§ 1. Een organische stof kent men nog niet aan haar empirische formule. Zooals wel bekend, moet men hier verder differentieeren door na te gaan, in welke volgorde de atomen aan elkaar zijn gebonden (vastgelegd in z.g. struktuurformules). Het is in de organische chemie de geniale verdienste van KÉKULÉ en VAN 'T HOFF geweest, te zien, dat het voor organische verbindingen mogelijk is en er op aan komt — wil men verband vinden tusschen samenstelling en eigenschappen — de ruimtelijke rangschikking der atomen in het oog te vatten; de gansche geweldige ontwikkeling der organische chemie is hierop gebaseerd.

Stellen wij nu naast de Koolstofchemie die der silicaten, der mineraalgroep, welke de bijzondere belangstelling van mineralogen en geologen geniet (de buitenlaag der aarde, ter dikte van ongeveer 1000 km, bestaat voor het allergrootste deel uit silicaten). Tot voor een vijftal jaren was men er niet in geslaagd de chaos hunner chemische samenstelling ook maar eenigszins te ordenen (§ 2): alle pogingen de chemische samenstelling dier mineralen in eenig verband te brengen met hunne eigenschappen faalden; en dat terwijl eene natuurlijke indeeling (naar eigenschappen) hier, wat de hoofdgroepen betreft, op de meest sprekende wijze aanwezig is.

Voor de Silicaten heeft eerst de Röntgen-analyse de wetten hunner atoomrangschikking leeren kennen (§ 3) en in het ontknoopen van het warnet hunner chemische samenstellingen (§ 4) ligt een der schoonste resultaten der Röntgen-analyse. Ook begint men, op grond der kennis der atoomstapelingen, te overzien welke mineralen onder bepaalde omstandigheden gevormd zullen worden: het differentiatie-schema van het magma wordt, in het licht der moderne kristallografie, doorzichtig (§ 6).

§ 2. In *de natuurlijke indeeling der Silicaten* neemt men te zamen b.v. de glimmers, mineralen alle met opvallend gemakkelijke *spijtbaarheid in blaadjes* en uitgesproken pseudohexagonale symmetrie (wij willen deze familie met C aanduiden); voorts alle mineralen die, als asbest, *in vezels gemakkelijk splijten* (familie B); dan onder de mineralen met niet zóó uitgesproken splijting de soortelijk *zware mineralen* (familie A), als olivijn en granaat, tegenover de *lichte* (familie D) der eindkristallisatie van het magma, waaronder in de eerste plaats de veldspaten en kwarts.

De meest gebruikelijke *chemische indeeling* anderzijds was die, naar het zuur, van welke het silicaat „afgeleid" kan worden: *Orthosilicaten*, afgeleid van het — hypothetische — orthokiezelzuur H_4SiO_4; *metasilicaten* (afgeleid van H_2SiO_3), *di- tri- enz- silicaten*, ieder met nog weer verschillende verhouding van basich tot zuur oxyde (zuurresten: Si_2O_5, Si_2O_9, Si_3O_8 enz. enz.).

Het conflict tusschen beide indeelingen ziet men uit Tabel I, waarin men alleen lette op de gebruikelijke oude formuleering der samenstelling in kolom 3. Wij zien daar als voorbeelden de familie der glimmers (en verwante mineralen), in welker samenstellingen — men ziet opgegeven de zuurresten SiO_4, SiO_6, Si_2O_5, SiO_3, Si_2O_9 — men tevergeefs eenig verband, dat hen als glimmers vereenigt, poogt te ontdekken. Ditzelfde ziet men daar voor de getabeleerde veldspaten — een tri- een ortho- en een meta-silicaat —, terwijl speciaal de eerste twee, de Na- en Ca-veldspaat,

TABEL I.

1	2 Natuurl. familie	3 oude, chemische formule	4 nieuwe chemische formule	5 type
Natuurlijke groep der *Glimmers*:				
Muscoviet	C	$H_2KAl_3(SiO_4)_3$	$(OH)_2KAl^6{}_2(Si^4{}_3Al^4O_{10})$	
Margariet	„	$H_2CaAl_4(SiO_6)_2$	$(OH)_2CaAl^6{}_2(Si_2Al^4{}_2O_{10})$	
Petaliet	„	$LiAl(Si_2O_5)_2$	$LiAl(Si_2O_5)_2$	Si_2O_5
Talk	„	$H_2Mg_3(SiO_3)_4$	$(OH)_2Mg_3(Si_2O_5)_2$	
Kaolien	„	$H_4Al_2Si_2O_9$	$(OH)_4Al^6{}_2(Si_2O_5)$	
Natuurlijke groep der *Veldspaten*:				
Na-Veldspaat . .	D	$NaAlSi_3O_8$	$Na(Si_3Al^4O_8)$	
Ca-Veldspaat . .	„	$CaAl_2(SiO_4)_2$	$Ca(Si_2Al^4{}_2O_8)$	SiO_2
Leuciet	„	$KAl(SiO_3)_2$	$K(Si_2AlO_6)$	
Chemische groep der *Orthosilicaten*:				
Granaat	A	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	$Ca_3Al^6{}_2(SiO_4)_3$	SiO_4
Muscoviet	C	$H_2KAl_3(SiO_4)_3$	$(OH)_2KAl^6{}_2(Si_3Al^4O_{10})$	Si_2O_5
anorthiet	D	$CaAl_2(SiO_4)_2$	$Ca(Si_2Al^4{}_2O_8)$	SiO_2
Chemische groep der *Metasilicaten*:				
Diopsied . . . . . (vezelsplijter)	B	$CaMg(SiO_3)_2$	$CaMg(SiO_3)_2$	SiO_3
Talk (glimmer) . .	C	$H_2Mg_3(SiO_3)_4$	$(OH)_2Mg_3(Si_2O_5)_2$	Si_2O_5
Leuciet . . . . . (veldspaat)	D	$KAl(SiO_3)_2$	$K(Si_2Al^4O_6)$	SiO_2

Géén overeenkomst tusschen de natuurlijke mineraalklasse (kolom 2) en de oude formuleering der chemische samenstelling (kolom 3).

De nieuwe formuleering uit kolom 4 daarentegen brengt:

alle mineralen van de familie A tot het zuurresttype SiO_4 (afzonderlijke tetraeders),

alle mineralen van de familie B tot het zuurresttype SiO_3 (strengen),

alle mineralen van de familie C tot het zuurresttype Si_2O_5 (platen),

alle mineralen van de familie D tot het zuurresttype SiO_2 (netten), waarbij, bij het aflezen van het type uit de formuleering van kolom 4, Al^4 als Si — dus tot het tetraedergeraamte behoorend — te tellen is.

allernauwst te zamen hooren: zij vormen een continue reeks mengkristallen (de plagioklasen, de belangrijkste gesteentevormende mineralen), ondanks het oogenschijnlijk belangrijk verschil in samenstelling uit kolom 3.

Omgekeerd ziet men verder in de tabel onder wat men volgens de oude formuleering „orthosilicaten" noemt, allerlei natuurlijke groepen vertegenwoordigd, ditzelfde voorts nog voor de „metasilicaten".

§ 3. De Röntgenanalyse heeft eenzelfde opbouw aan het licht gebracht voor de mineralen eener zelfde natuurlijke familie.

Familie A. Een voorbeeld hiervan is Olivijn Mg_2SiO_4. Het kristal is een stapeling van (4-waardig negatieve) SiO_4-ionen en (positieve) metaalionen; de positieve ionen omringen zich met negatieve en omgekeerd, geheel als in de bekende roosters van Na^+Cl^-, $Ca^{++}CO_3^{--}$ e.d. In het SiO_4-ion is het Si-Atoom tetraedrisch door 4 O-atomen omringd. Men vindt het SiO_4-ion afgebeeld in fig. 1a, zulk een stapeling van SiO_4-ionen en metaalionen in fig. 2a.

Familie B. In de vezelsplijters als $MgSiO_3$ (enstatiet) bracht het Röntgenonderzoek hierentegen een onverwacht en zeer belangrijk resultaat: Men heeft hier *niet* een aan A analogen bouw uit afgesloten SiO^-_3-ionen en metaalionen. Maar ook hier is, als in *alle* silicaten elk silicium-atoom onveranderd door 4 O-atomen omringd; deze zuurstoftetraeders hangen nu samen, en wel op de wijze in fig. 1b aangegeven. Opvolgende tetraeders hebben één zuurstofatoom (tetraederhoekpunt) gemeen. Doordat elk Si-atoom aldus met *twee* andere samenhangt ontstaan hier 1-dimensionaal onafgebroken strengen. Dat de samenstelling van zulk een streng (SiO_3) is, ziet men gemakkelijk uit fig. 1b, waarin de zich herhalende eenheid omlijnd is: $SiO_{2+2\cdot\frac{1}{2}} = SiO_3$.

De oneindig lange „zuurrest"-strengen welke men hier in plaats van afgesloten zuurrest-groepen vindt, worden dan verder weer

door de positieve metaalionen in kristalverband gekit (fig. 2b). In alle volgens strengen splijtende silicaten heeft de Röntgenanalyse dergelijke onafgebroken tetraeder-ketens gevonden, die in de vezelrichting verloopen. Blijkbaar wordt de sterke binding tusschen zuurstof en silicium bij splijting dus niet doorbroken.

Familie C. In een glimmerachtig mineraal — b.v. $LiAl(Si_2O_5)_2$ — vindt men Röntgenanalytisch *platen* van onderling verbonden SiO_4-tetraeders: Elke SiO_4-tetraeder hangt nu met *drie* omringende samen (fig. 1c). Dergelijke platen worden dan door de metaalionen op elkaar gekit (fig. 2c). De samenstelling van zulk een plaat leest men uit de omlijnde eenheid van fig. 1c af als $SiO_{1+3\cdot\frac{1}{2}} = Si_2O_5$.

In de hexagonale Si_2O_5-platen der glimmers heeft men de oorzaak hunner bekende (pseudo-) hexagonale symmetrie. De sterkte der Si-O bindingen verklaart de bladsplijting volgens de Si_2O_5 vlakken, welke daarbij niet doorbroken worden.

Familie D. De 0, 1, en 2 dimensionale samenhang der SiO_4-tetraeders uit A, B, en C tot in drie dimensies voortzettende, komen wij tot het bouwprincipe, dat de verschillende SiO_2-modificaties ten grondslag ligt: Hier hangt Si via *elk* zijner O-atomen met een ander Si samen (fig. 1d). Samenstelling $SiO_4 \cdot \frac{1}{2} = SiO_2$. Splijting in dit drie-dimensionaal tetraedernet: afwezig.

§ 4. Waarom komt de natuurlijke indeeling naar de families A, B, C, D, dan niet zonder meer neer op een chemische naar SiO_4'''', SiO_3'', Si_2O_5'' en SiO_2?

Het antwoord is dat zulk een paralleliteit in den grond werkelijk bestaat; maar dat twee omstandigheden, welke haar vroeger verborgen hielden, bij de interpretatie der chemische formules in aanmerking genomen moeten worden:

a. In de tetraeders — wier schakelingen wij aan onze indeeling ten grondslag legden — blijkt soms *Aluminium de plaats van Silicium* te kunnen innemen.

Deze substitutie van Si door Al kan kristallen in bouw — en

daarmede in eigenschappen — volkomen analoog houden, terwijl zij in de verhouding Si : O hunner „gewone" chemische formules geheel van elkaar vervreemden. Men telle dan dus, om het type af te leiden, de verhouding (Si + Al) : O in plaats van Si : O. B.v. voor alle veldspaten — als $NaAlSi_3O_8$, zie tabel 1 — leest men dan het SiO_2-type, den in drie dimensies samenhangenden tetraederbouw, af [1]).

Het Al-ion kan echter ook, als de kationen, *buiten* de zuurresten deze aaneenkitten. Granaat b.v., $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$, is een echt orthosilicaat: negatieve SiO_4-ionen en positieve Ca- en Al-ionen omringen elkaar wederzijds. Al is dan door 6 atomen zuurstof omringd. Met Machatschki onderscheiden wij in onze formules deze beide functies van het Al in de kristalbouw door aan het aluminium het coördinatiegetal 4 of 6 als index toe te voegen.

b. De tweede complicatie, welke de samenstelling van het SiO-tetraederbouwsel (fig. 1) aan het oog onttrok in de empirische formule betreft de telling der zuurstof: Soms komen in de struktuur OH-groepen voor. Deze blijken dan *niet* aan silicium gebonden (basische OH-groepen). De zuurstofatomen dezer OH-groepen moeten dus bij de interpretatie der chemische formule worden afgezonderd, vóór de Si : O verhouding van het tetraeder-geraamte, op welke onze indeeling berust, gevonden wordt: *Elk* H-atoom wijst op één zuurstofatoom dat voor het tetraederbouwsel niet moet worden meegeteld.

De regels van *a.* en *b.* toonen zich als tooverformules tot het in overeenstemming brengen der chemische samenstellingen met

---

[1]) In de Na-veldspaat bevindt zich dan het Na-ion in de groote holten van den tetraederbouw (zie fig. 2d). Overgaande van de Na-veldspaat, $NaAlSi_3O_8$ tot de Ca-veldspaat, $CaAl_2Si_2O_8$ ziet men in hun mengkristalreeks zich de substitutie $Si^{4+} \rightarrow Al^{3+}$ geleidelijk voltrekken, waarbij de betrokken ladingsverandering gecompenseerd wordt door een gekoppelde vervanging van Na^+ door Ca^{++}. Zoo vindt men de isomorphie beider veldspaten verklaard.

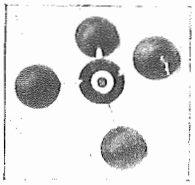


Fig. 1a.
Tetraeder van Si omringd met zuurstof: SiO_4.

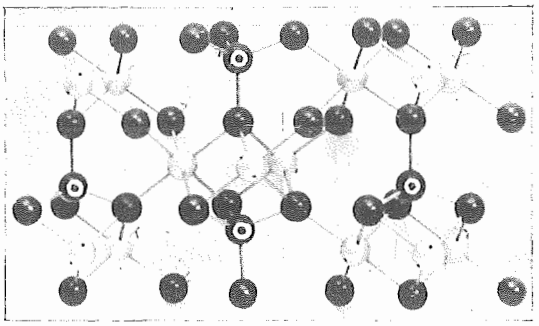


Fig. 2a.
Olivijn; afzonderlijke SiO_4-tetraeders, verkit door metaalionen (licht gekleurde bollen).

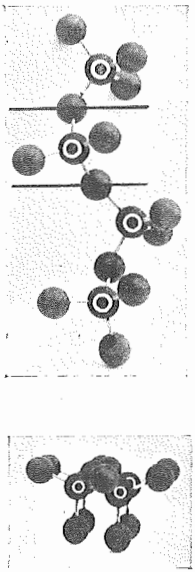


Fig. 1b.
Tetraeders tot een streng verbonden, samenstelling SiO_3, (op zijde en in de lengte-richting gezien).

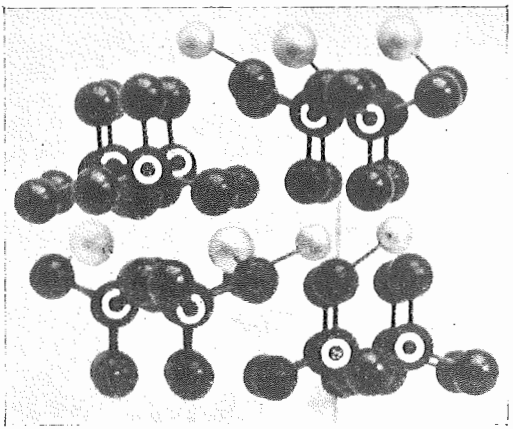


Fig. 2b.
Pyroxeen; strengen SiO_3 door metaalionen verkit.

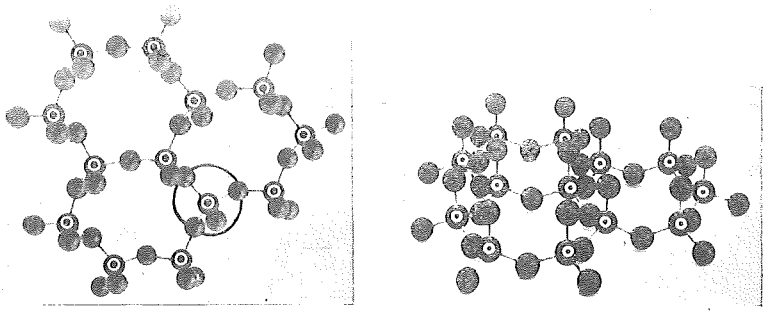


Fig. 1c.

Tetraeders tot een plaat verbonden, samenstelling Si_2O_5 (van boven en op zijde gezien).

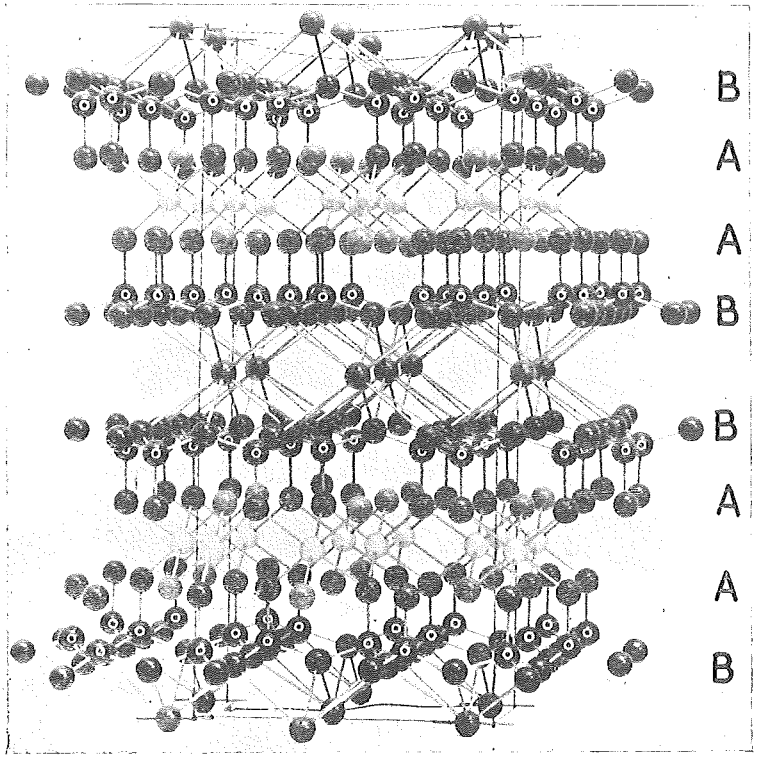


Fig. 2c.

Glimmer; opgebouwd uit platen Si_2O_5.

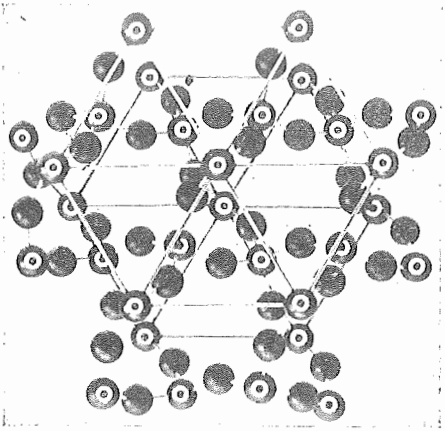


Fig. 1d.
Tetraeders in alle hoekpunten samenhangend: SiO_2.

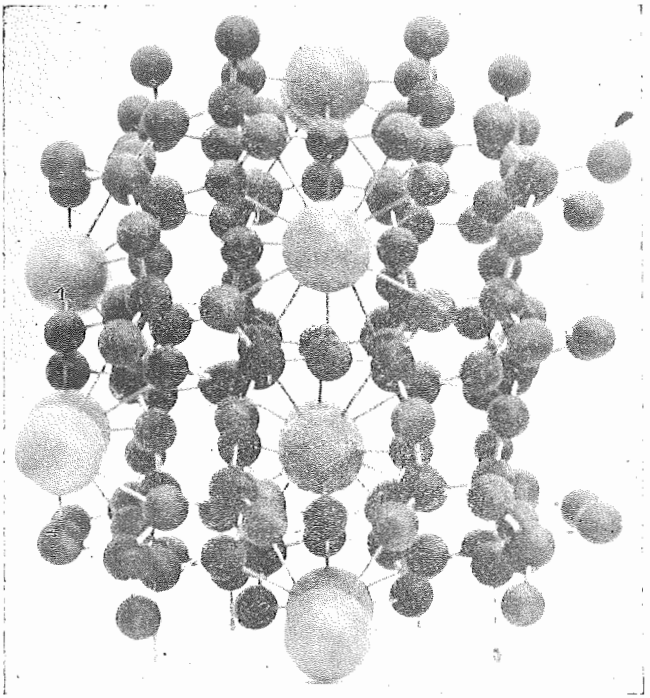


Fig. 2d.
Veldspaat: in de open ruimten van het SiO_2-geraamte zijn metaalionen ingetreden.

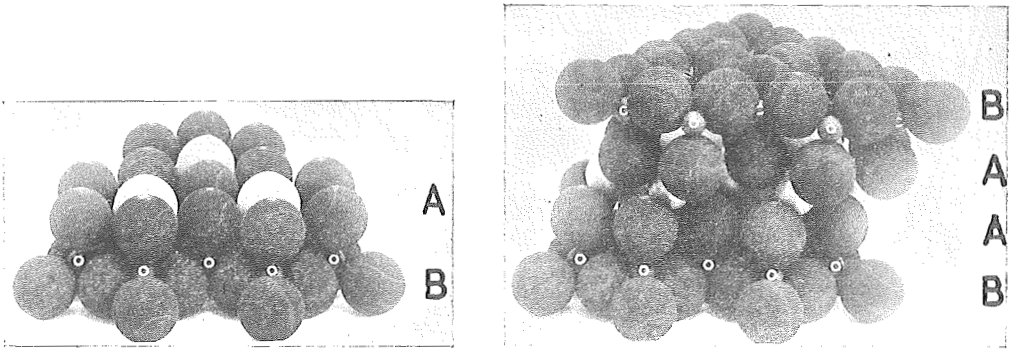


Fig. 3.

Links: Si_2O_5-laag, de open ruimten in het A-vlak geven plaats voor OH-ionen (lichte bollen).

Rechts: Aansluiting van twee lagen Si_2O_5: BA $\overset{\text{kleine kationen}}{}$ AB.

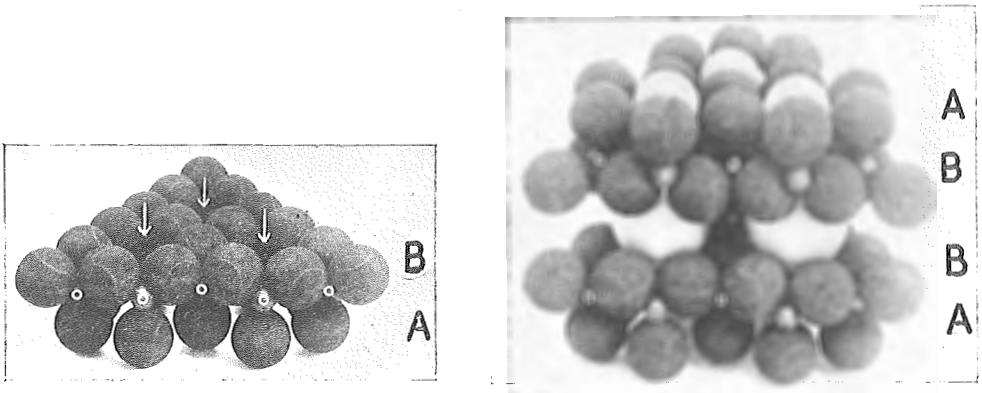


Fig. 4.

De minder regelmatige ligging der zuurstofatomen in de B-vlakken toont grootere tusschenruimten (pijltjes) die elkaar superponeeren onder insluiting der alkali-ionen: AB $\overset{\text{groote kationen}}{}$ BA.

de natuurlijke kristaleigenschappen. Men ziet dit volbracht voor de voorbeelden uit tabel 1 in de „nieuwe" schrijfwijze der chemische formules, wier type, aangegeven in kolom 5, overal in overeenstemming is met de natuurlijke familie uit kolom 2; b.v. blijken nu de samenstellingen van alle glimmers de aanwezigheid van platen $(Si, Al^{4})_2O_5$ aan te geven. Het is duidelijk dat het onoplosbaar zijn der silicaten voor de chemie een beletsel vormde den waren aard der hen opbouwende ionen te leeren kennen. Eerst de Röntgenanalyse leerde de onhoudbaarheid van de opvatting van b.v. de K-glimmer (zie tabel 1) als „zuur orthosilicaat".

§ 5. Nader werd aan de glimmers gedemonstreerd hoe duidelijk chemische samenstelling, atoomstapelwijze en physische eigenschappen samenhangen.

De glimmers bevatten, naar uit de gegevens der Röntgenanalyse werd afgelezen, de Si_2O_5-platen van fig. 1c — die men in fig. 3 en 4 nogmaals vindt afgebeeld — in zoodanige stapelwijze, dat gelijksoortige kanten dier lagen naar elkaar zijn gekeerd:

AB — BA — AB . . . .

Opvolgende A-vlakken en opvolgende B-vlakken worden (meestal) door een laag kationen verkit.

De A-vlakken worden gevormd door de zuurstofionen in de tetraedertoppen; hunne rangschikking vormt een net van regelmatige zeshoeken, OH-ionen vullen nu — althans in de meeste, „waterhoudende", glimmers — de open ruimten in de middelpunten dier zeshoeken — lichte bollen in fig. 3 links —, waardoor de A-vlakken dicht met zuurstofatomen belegd worden. Kleine kationen (Mg, Al^{6}) kitten opvolgende A-vlakken op de wijze eener dichtste stapeling (fig. 3 rechts).

De B-vlakken, bezet met de zuurstofatomen in de tetraederbasispunten, vertoonen grootere tusschenruimten om de middel-

punten der tetraederzesringen (fig. 4 boven). Zij superponeeren elkaar zóó, dat de uitgebreide holten in de zuurstofbelegging tegenover elkaar komen. Zoo vormen zich holten — fig. 4 onder — welke de geschikte plaats bieden voor het groote alkali- of aardalkali ion. Soms ontbreekt deze laag alkali (b.v. bij talk, zie tabel 1), de B-vlakken sluiten dan direct aanéén.

Men leest uit de vulling der A-vlakken het karakteristieke OH-gehalte der glimmers af, t.w. 1 OH per Si_2O_5. De bezetting van de K-(Ca-)laag tusschen de B-kanten van elk paar Si_2O_5-lagen voert tot het vaste gehalte van één zulk een kation per Si_4O_{10}. *Op dergelijke wijze zijn alle karakteristieke atoomverhoudingen der glimmertypen uit hun bouw af te lezen.*

O. a. werden nog uit den aard der tusschen de zuurstofvlakken B gevoegde laag de *elastische eigenschappen* der verschillende glimmergroepen afgelezen: Zónder kitting (talk) uiterst gemakkelijke splijting, en *buigzame* splijtblaadjes: aangrenzende B-vlakken kunnen ongehinderd langs elkaar afschuiven. Bij zwakke kitting door 1.-waardige kationen (K-glimmer) gemakkelijke splijtbaarheid en elastisch gedrag der blaadjes: kitting verzet zich tegen de afschuiving. Bij sterke kitting (Ca-glimmer) minst gemakkelijke splijting en *brosse* splijtplaatjes.

§ 6. *Invloed van ion-grootte en lading bij het stollingsproces van het magma.*

In het nog vloeibare magma zien wij een dooréén warreling van $(Si, Al)O_4$ tetraeders — de kleine en hoog geladen Si en Al-ionen hebben de zuurstofionen tot zich getrokken — los, in gedeformeerde stukken streng, plaat en net. Den metaalionen — blijkens de samenstelling der lithospheer hoofdzakelijk Mg, Fe, Ca, Na, K — de rol dit bij afkoeling aanéén te kitten [1]. Kleine meerwaardige

[1]) Al^6 nemen wij bij deze verkittende kationen niet op, omdat aluminium in die mineralen, welke bij de magmadifferentiatie *primair* ontstaan, hoofdzakelijk als Al^4 voorkomt.

ionen (Mg, Fe) zullen zich 't krachtigst meester maken van de hoog-negatief geladen SiO_4 groepen, en deze dicht samenpakken; groote ionen anderzijds passen bij de groote holten der tetraedernetten.

Wij overzien dus, op grond van kristalbouw en iongrootte, dat een reactie als K-orthosilicaat + Mg-veldspaat → Mg-orthosilicaat + K-veldspaat naar rechts met aanzienlijke energievermindering gepaard zou gaan; dit verklaart het voorkomen der stoffen rechts in deze vergelijking in tegenstelling met die uit het linker lid, dus van een Mg-orthosilicaat in tegenstelling met een K-orthosilicaat, anderzijds van een K-veldspaat in tegenstelling met een Mg-veldspaat.

Algemeen: *Hoe kleiner en hooger geladen het kation, des te meer naar links ligt zijn silicaattype in de reeks A tot D uit* § 3: SiO_4^{4-}, SiO_3^{2-}, $SiO_{2\frac{1}{2}}^{1-}$, SiO_2. Werkelijk blijkt, wanneer men de silicaten der stollingsgesteenten naar deze reeks van zuurresttypen rangschikt, dit tegelijk een rangschikking naar toenemende groote van het kation in te houden[1]). Dit toekenningsprincipe doet ons de silicaten dier gesteenten overzien.

§ 7. *Over isomorphe vervanging der ionen.*

De vraag welke metalen elkaar isomorph vervangen is dus eene, waarbij de grootte der ionen een overwegende rol speelt. Overtuigende voorbeelden waren eenerzijds b.v. de isomorphe menging van Na en Ca veldspaat, anderzijds het groot kristalchemisch verschil tusschen de gelijkwaardige Na en K-ionen (geen mengkristalreeks hunner veldspaten) of tusschen Ca- en Mg-ionen (Mg-olivijn tegen Ca-veldspaat). Hoe zeer, tégen de opvatting van vroeger, voor isomorphe vervanging de invloed der ion-grootte op de voorgrond treedt t. o. v. zijn waardigheid — véél vroeger

[1]) Uit fig. 5 leest men af als ionstraal voor Mg, Fe 0,7 Å; Ca, Na 1,0 Å; K 1,3 Å (1 Å = 10^{-8} cm).

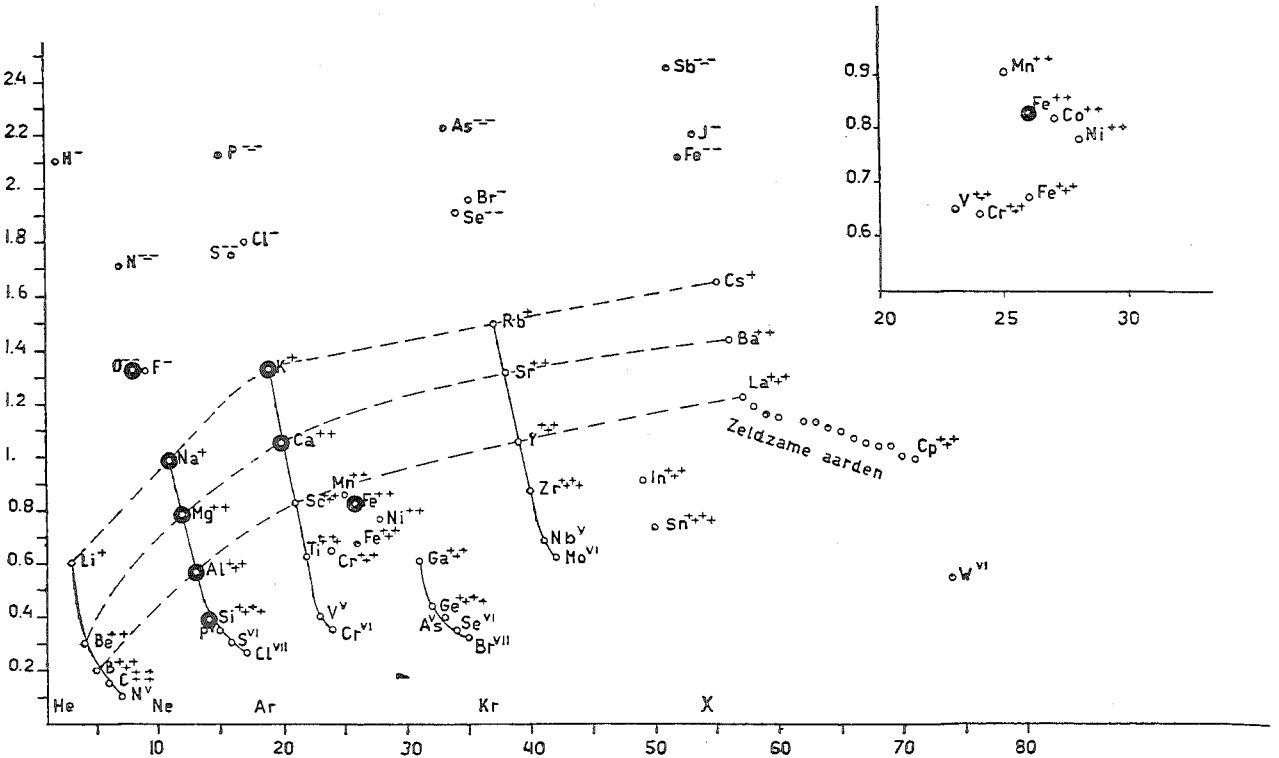


Fig. 5.

Stralen der ionen. De dalende lijnen geven de contractie te zien eener zelfde electronschaal met toenemende kernlading. De stijgende lijnen toonen het effect van bijkomende electronenschillen.

dacht men hier aan het gewicht der ionen! — zien wij ook sprekend bij de Li-glimmer: Treedt het kleine Li-ion in K-glimmer in, dan doet het dit in de *aluminium*-laag, waarbij een Mg- en een Li-on een Al-ion (en een leege ruimte) vervangen.

In de zuurstofstapelingen welke de silicaten zijn, doet de grootte der kationen zich gevoelen in het aantal zuurstofionen dat zij om zich kunnen scharen: *Gelijkheid van dit coördinatiegetal voor zuurstof, is voor onderlinge isomorphe vervanging noodzakelijk.* Dit coördinatiegetal voor zuurstof bedraagt voor Si^{++++} 4 voor Al^{+++} 4 of 6, voor Mg^{++} en Fe^{++} 6, voor Na^{+} en Ca^{++} 8 en voor K^{+} 12. Hierin zien we, waarom de chemisch zoo verwante ionen Mg en Ca elkaar in kristallen *nooit* isomorph vervangen. Na evenmin K; terwijl daarentegen substituties als MgCa → AlNa, Si + open ruimte → AlNa optreden.

§ 8. Vervolgens werd de levensloop nagegaan van elementen welke in *geringe* hoeveelheid in het magma voorkomen.

Terwijl b.v. vanadium meer voorkomt dan koper, véél meer dan lood en duizende malen meer dan zilver of goud, is het een element dat velen wel nooit gezien zullen hebben. Vanadium stellen we zoo als voorbeeld van een metaal, dat in héél kleine concentratie *overal verspreid* in de mineralen opgelost voorkomt, tegenover de elementen (b.v. de edelmetalen), die in *eigen* mineralen zich concentreeren en daardoor — ondanks geringe totaalhoeveelheid — macroscopisch gevonden en bekend worden. De ionen van het eerste soort *vervangen* in de hoofdmineralen van het gesteente voor een klein deel het Al, Si, Mg, Fe, Ca, Na en K; die van de tweede soort blijven in oplossing tot ze tenslotte in gangen en spleten van het reeds gestolde hoofdgesteente tot kristallisatie komen.

Beslissend voor het eerste of tweede gedrag is weer de *grootte van het metaalion.* Komt een ion een der ionen der grondmineralen in grootte nabij, zooals V het $Fe^{'''}$ of Ga het Al, dan zal het dit overal tot een gering bedrag isomorph vervangen: „past" het daarentegen

niet in een der mineralen der hoofdkristallisatie, dan wordt het niet aldus ingevangen, „getarnd", maar komt in de rest-oplossing tot een eigen kristallisatie (zooals het kleine Be, de grootte radioactieve ionen e.d.).

Van Gallium b.v. heeft men eerst gevonden dat er belangrijke hoeveelheden van voorkomen, nadat men, in verband met de overeenkomst in ionstraal met Al, er in den laatsten tijd toe gevoerd werd Al-mineralen zorgvuldig op hun Ga-gehalte te onderzoeken; in tabellen der aardkorst-samenstelling van een tiental jaren oud vindt men het dan ook nog niet opgegeven, terwijl het volgens de laatste onderzoekingen in de buurt van Molybdeen of Tin geplaatst moet worden.

Niet alleen deze groote tegenstellingen in levensloop ordent GOLDSCHMIDT in het licht van den invloed der ionafmetingen; uit kleine verschillen in straal weet hij in sommige gevallen karakteristieke verschillen te verklaren.

Bij de silicaten ziet men wel zéér duidelijk wat het nauwkeurig opmeten der atoomliggingen in kristallen, op grond van VON LAUE'S ontdekking der afbuiging van Röntgengolven door kristallen, presteert voor chemie en mineralogie. Voor de bepaling der silicaat-structuren zijn in de allereerste plaats W. L. BRAGG en zijn medewerkers te noemen; de nieuwe ontwikkeling der geochemie dankt men V. M. GOLDSCHMIDT.

BACTERIOLOGISCHE TECHNIEK

door

Dr. S. L. SCHOUTEN [1]).

De bacteriën eischen, wil men iets van hun geheimen onthullen, een geheel bijzondere methode van onderzoek. Allereerst is daarvoor noodig de microscoop. Wij weten dat VAN LEEUWENHOEK, met zijn door hem zelf geslepen lenzen, ze in 1676 heeft ontdekt in het beslag dat op de tanden zit, en dat hij ze heel duidelijk heeft afgebeeld. Men kan zich slechts verbazen over het scherpe waarnemingsvermogen van dezen leek-onderzoeker, want zijn beste microscoop vergrootte volgens sommigen niet meer dan 400 maal. En daarom vermoedt men dat hij van een instelling gebruik heeft gemaakt, waardoor men de bacteriën, sterk verlicht tegen een zwarten achtergrond, beter kon zien; in dat geval zou hij dan óók nog de uitvinder zijn van de tegenwoordig met zooveel succes toegepaste donkerveld-methode. Na v. LEEUWENHOEK heeft het microscopisch onderzoek der bacteriën in langen tijd geen vorderingen gemaakt. LINNAEUS negeerde ze. „De kleinste levende wezens mag de mensch niet zien; dat mag alleen de Schepper zelf," zoo zeide hij. Eerst ruim een eeuw na v. LEEUWENHOEK begint men zich meer voor deze microörganismen te interesseeren; verschillende onderzoekers houden ze voor infusiediertjes. Een helderder licht

---

[1]) Op verzoek ook nog in 't bijzonder het onderzoek met den micromanipulator.

deed F. COHN er op vallen. Hij was de eerste die (1870) de bacteriën tot de planten rekende, en naar den vorm een indeeling maakte, die nog altijd gevolgd wordt.

Na COHN komen wij in de periode van de laatste 50 jaar, waarin de microscoop tot steeds hooger trap van volmaking werd opgevoerd. Wij herinneren slechts aan de uitvinding, door STEPHENSON, van de olie-immersie-lens, verbeterd door ABBE, en sindsdien onmisbaar bij het bacteriologisch onderzoek. Eerst toen konden enkele bijzonderheden in vorm en bouw beter bestudeerd worden.

Wij weten nu dat bacteriën eencellige organismen zijn, in de gedaante van een bolletje, staafje, komma of spiraal. De afmetingen zijn zeer gering; in een druppeltje van 1 mm^3 kunnen gemakkelijk 1 milliard bolvormige bacteriën met een diameter van $^1/_{1000}$ mm plaats nemen. Waarschijnlijk zijn er nòg kleinere, die zelfs met den besten microscoop niet kunnen worden waargenomen, o. a. onzichtbare ziektekiemen. Sommige bacteriën zijn onbewegelijk, andere bewegelijk; het vermogen tot beweging danken zij dan aan het bezit van trilharen, die zoo fijn zijn, dat zij gekleurd moeten worden om ze zichtbaar te maken. Het kleuren van bacteriën is trouwens een mooi hulpmiddel bij het onderzoek, en dikwijls een herkenningsteeken voor bepaalde soorten.

De vermenigvuldiging heeft plaats door deeling in twee gelijke deelen, en kan in korten tijd tot een geweldige nakomelingschap voeren. Een bacil ter grootte van 0.001 × 0.002 mm, met een gemiddelden deelingstijd van $^1/_2$ uur, zou na 5 dagen, indien niets de vermenigvuldiging tegenhield, alle zeebekkens van de aarde vullen.

Onder ongunstige omstandigheden trekt de inhoud der cel, het protoplasma, zich samen tot een kogeltje, spore genoemd, dat door den dikken wand, dien het bezit, hooge temperaturen, uitdrogen, voedselgebrek enz. kan verdragen. Een geluk is het dat van de ziekteverwekkende bacteriën, de pathogene, maar weinige (o. a. van het miltvuur en de stijfkramp) deze sporen vormen. Toch

kunnen verscheidene van deze, zooals etterbacteriën, ook in gewoon uitgedroogden toestand lang blijven leven. Andere daarentegen, zooals de cholera- en de pestbacil, gaan bij uitdrogen snel te gronde.

Danken wij vele van bovengenoemde feiten, waarmede wij de belangrijkste uitwendige eigenschappen der bacteriën hebben aangegeven, geheel of gedeeltelijk aan het microscopisch onderzoek, er is nog een andere belangrijke factor voor noodig geweest. Wil men het gedrag van bacteriën leeren kennen, dan moet men de soorten afzonderlijk kunnen kweeken. Ieder voelt dat men, experimenteerend met een onbekend mengsel, nooit conclusies kan trekken. In zulk een mengsel toch kan de eene soort nuttig wezen, een andere schadelijk. PASTEUR is wel de eerste geweest, wien het gelukt is deze uiterst kleine organismen te scheiden en in kultuur te brengen. Bevond zich een bacterie, die hij afzonderlijk wilde kweeken, in een mengsel met andere, dan bracht hij dat mengsel in een vloeistof, die bijzonder gunstig was voor de ontwikkeling van die bacterie. Deze vermenigvuldigde zich dus naar verhouding sterker dan de andere. Uit de aldus verkregen kultuur bracht hij weer een paar druppels in dezelfde vloeistof, en dit herhaalde hij, totdat de bewuste bacterie ten slotte al de andere soorten had teruggedrongen. Althans — wij willen aannemen dat dit aan een genie als PASTEUR werkelijk gelukt is. Hij noemde die kultuur „Culture à l'état de pureté", en sindsdien spreken wij van reinkultuur.

De groote vlucht die de studie der bacteriologie in de laatste 50 jaar genomen heeft, is echter te danken aan een geniale greep van ROBERT KOCH, den bekenden Duitschen bacterioloog. Hij vond een in principe zeer eenvoudige methode voor het maken van reinkulturen; wij willen een der vormen, waarin deze gebruikt kan worden, in hoofdtrekken beschrijven.

Men neemt bouillon, waaraan men 10% gelatine toevoegt. Nadat deze voedingsbodem, die bij 22° vast is, bij 27° vloeibaar

is gemaakt, doet men er een spoortje van het bacteriënmengsel in, waaruit men de soorten wil isoleeren. Door flink schudden wordt de materie daarin eenigszins verspreid, en vervolgens wordt de massa in een vlakke glazen schaal gegoten, waarin ze spoedig vast wordt. De bacteriën zijn dan op verschillende plaatsen terecht gekomen, en blijven in de gestolde massa gefixeerd. Ze gaan zich vermenigvuldigen, en zoo krijgt men na een of meer dagen ronde, met het bloote oog zichtbare plekjes, kolonie's, die, als ze werkelijk uit een afzonderlijk terecht gekomen bacterie zijn ontstaan, het uitgangspunt vormen van een reinkultuur. Dit laatste is intusschen niet het geval wanneer men te doen heeft met slijmig of in klonten en korsten samenklevend materiaal; dan blijven de cellen, soms in grooten getale, aan elkander hangen, en is de reinheid der kultuur dus zeer onwaarschijnlijk. Bovendien ontbreekt in deze methode nog een andere, zeer belangrijke factor. Welke experimenten de bioloog ook neemt, steeds is hij in staat zijn proefobjecten individueel uit te kiezen. Bij bastaardeeringsproeven kiest hij 't mannetje en 't wijfje uit, bij variabiliteitsonderzoek de individuen, die hem daartoe geschikt voorkomen. Zonder deze mogelijkheid zou men zich geen wetenschappelijk onderzoek kunnen voorstellen. Bij de Koch'sche methode giet men echter een onbekende hoeveelheid van allerlei onbekende cellen uit in een gelatineplaat, en moet men maar afwachten wat daarvan (dikwijls maar een gering percentage!) opkomt; hoe de eerste ontwikkeling plaats grijpt, blijft verborgen. Van een individueel uitkiezen of combineeren is hierbij geen sprake!

Voor schrijver dezes was deze leemte aanleiding om een methode te zoeken die het isoleeren en verder kweeken van één cel, hetzij bacil, schimmelspore of andere, onder controle van desgewenscht de sterkste microscopische vergrooting mogelijk maakte. In 1899 kon hij het apparaat, destijds isolatietoestel, later, toen het ook voor microöperatie's gebruikt kon worden, micromanipulator geheeten, demonstreeren. In 't kort komt de methode hierop neer, dat men

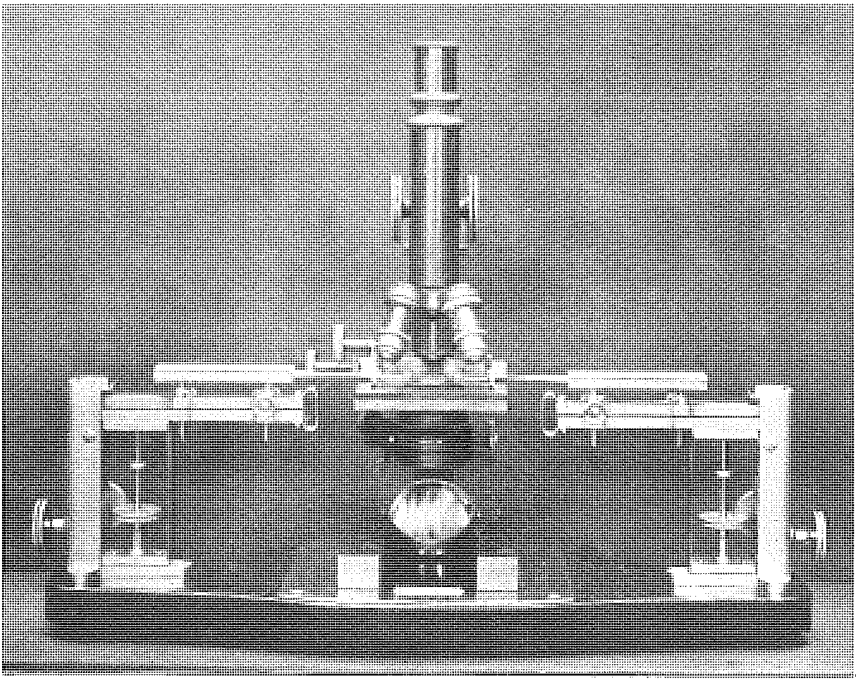


Fig. 1.

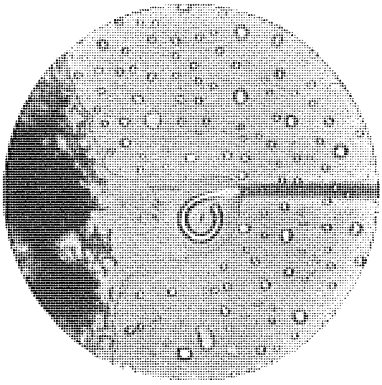


Fig. 2.

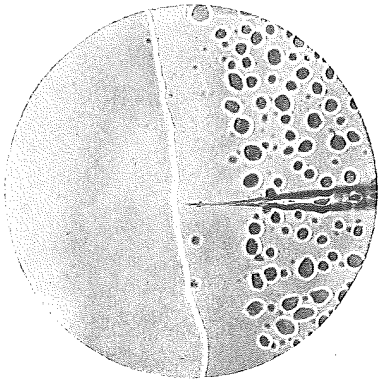


Fig. 3.

met behulp van fijne glazen naalden, die in een oogje, een punt of een glazen mesje uitloopen, en die op zeer eenvoudige, maar niettemin nauwkeurige wijze in 3 richtingen van de ruimte kunnen worden bewogen, onder het microscoop uit een mengsel cellen, één, tot de kleinste toe, kan isoleeren en verder individueel kan behandelen.

Men ziet den micromanipulator afgebeeld in fig. 1.

Aan weerszijden van den microscoop staat een naaldhouder, waarin de naald in kwestie wordt bevestigd, zoodat de punt in het gezichtsveld komt. De bacteriën enz., waarmede men wil werken, worden aan de onderzijde van het dekglas afgezet. Dit dekglas is op een bijzondere manier zoo geprepareerd, dat de druppels, hoe klein ook, niet vervloeien; het komt te liggen op een vochtige kamer, de „isoleerkamer", die op de objecttafel van den microscoop rust en in 2 richtingen, loodrecht op elkaar, kan worden verschoven. De zijwanden van deze kamer hebben een spleet, waardoor de naalden steken. Deze spleet wordt met olie afgesloten, zoodat zoowel de kamer als de naalden kunnen worden bewogen, en de kamer toch gesloten blijft. Het kleinste druppeltje van enkele duizendste mill. doorsnede kan dus onbepaalden tijd in de met waterdamp verzadigde ruimte worden gecontroleerd.

In fig. 2 ziet men hoe een bacterie wordt geïsoleerd uit een druppel, waarin zich een ontelbare massa, behoorende tot verschillende soorten, bevindt. Deze bacterie wordt dan gebracht in een steriele voedingsdruppel, die op hetzelfde dekglaasje is aangebracht. Men kan de vermenigvuldiging dan van den aanvang af met de sterkste vergrooting volgen, en zoodra er een kleine kolonie is ontstaan, daaruit overenten in een gewoon kultuurbuisje.

Men kan ook bacteriën opnemen met een glazen naald, die in

een punt van b.v. $^1/_{6000}$ mm is uitgetrokken (fig. 3). Met de fijne glazen mesjes kan men cellen opereeren, zelfs bacillen doorsnijden. Kon men tot dusverre de geheimen van de cel alleen ontdekken door microchemische reactie's en kleurmethoden, thans kan men de bestanddeelen uit de cellen halen en op hun physische eigenschappen onderzoeken.

't Zou te ver voeren alles op te noemen waartoe het gebruik van den micromanipulator in staat stelt. In het centrum van de belangstelling op bacteriologisch gebied staat thans zeker wel de vraag of bacteriën alleen voorkomen in den vorm, dien men tot dusverre heeft leeren kennen, dan wel of er andere tusschenstadiën in de ontwikkeling zijn: slijmcellen, fijne korrels, onzichtbare deeltjes, enz. Dr. JEANNE BROEK heeft met behulp van den micromanipulator de fijne korrels van vogeltuberkelbacteriën geïsoleerd, en geconstateerd dat deze weer uitgroeien tot bacteriën. Men zal dus verstandig doen t. o. v. menschelijke t. b. c. hiermede rekening te houden. Schr. dezes kon de overgang van komma-bacillen tot staafjes, en omgekeerd, aantoonen, uitgaande van één geïsoleerde bacil. Ook heeft hij bij schimmels, o. a. bij de verwekkers van besmettelijk hoofdzeer e. a. huidziekten, een verregaande variabiliteit kunnen constateeren.

Eigenaardige ontdekkingen deed schr. met betrekking tot de digestie van de kleinste eencellige dieren, de Infusoriën. Deze werden eerst in reinkultuur gebracht; dan werden ze gevoerd met verschillende soorten van bacteriën, waarbij bleek dat sommige met graagte werden gegeten, andere werden versmaad — dus een sterk ontwikkeld waarnemingsvermogen. Op verschillende tijden na de voedering werden de dieren onder den microscoop geopereerd, de voedingsvacuolen (maag) er uit genomen, deze geopend, en eenige van de zich daarin bevindende bacteriën afgezet aan den rand van bouillon-gelatinedruppeltjes, waarin ze zich, indien ze nog leefden, konden ontwikkelen. Het bleek o. a. dat sommige bacteriën na 5 minuten al dood waren. Ook het aantal der bij één voeding op-

genomen bacillen kon worden nagegaan; dit bleek soms 1000 te bedragen.

Het bovenstaande moge voldoende zijn om een denkbeeld te geven van de mogelijkheden, die deze methode biedt; voor de oplossing van veel belangrijke problemen is ze onmisbaar.

DEMONSTRATIE VAN VERSCHILLENDE BIJZONDERE GASONTLADINGSVORMEN

door

Prof. Dr. H. B. DORGELO.

In deze voordracht werden eenige demonstraties gegeven van verschillende bijzondere gasontladingsvormen, te weten:

1°. van hoogfrequente gasontladingen;
2°. van loopende striae in de z.g. positieve zuil eener glim- of boogontlading;
3°. van verschillende typen Natriumdampontladingslampen;
4°. van een Geigerteller, geschikt voor het meten van zwakke ultraviolette straling, van zwakke Röntgenstraling en van hoogtestraling.

Enkele eigenschappen dezer ontladingsvormen willen wij hier nader beschrijven.

1°. hoogfrequente gasontladingen.

Zooals ik reeds in een vorige voordracht voor Diligentia liet zien bedraagt voor een ontladingsbuisje, bestaande uit een buisje gevuld met neongas (druk ca. 7 mm Hg) en voorzien van koude electroden op ongeveer 1 cm afstand van elkaar, de doorslagspanning ongeveer 300 volt en de brandspanning ongeveer 200 volt.

Ook bij wisselspanning van 50 perioden is een spanning van deze grootte noodig.

Voert men de frequente van de gebruikte wisselspanning op, zoo neemt men waar, dat van een frequente $\nu = 0$ tot een frequente

$\nu = 10^6$ de minimale brandspanning (wij willen hiermede voortaan aanduiden de laagste brandspanning, waarbij de ontlading nog onderhouden kan worden) weliswaar iets afneemt doch over dit geheele frequentiegebied toch niet meer dan 10%.

In het frequentiegebied van $\nu = 10^6$ tot $\nu = 10^8$ daalt de minimale brandspanning zeer sterk, zoo zelfs, dat bij een frequentie van 10^8 een ontlading onderhouden kan worden met een wisselspanning van ca. 12 volt, dus met een wisselspanning, waarvan de topwaarde nog kleiner dan de ionisatiespanning, ja zelfs kleiner dan de eerste aanslagspanning van het gas in de buis is.

De brandspanningen bij de hoogste tot dusver onderzochte frequenties blijken bij frequenties hooger dan 10^8 constant te blijven.

Ook de doorslagspanningen worden kleiner bij hooge frequenties.

Met behulp van een Braunsche buis werd gedemonstreerd, hoe de brandspanning bij hoogere frequenties kleiner werd en zeer lage waarden bereiken kan.

Ook anderzins uit zich het hoogfrequente karakter eener gasontlading. Onderzoekt men de lichtemissie eener met eene wisselspanning van 50 perioden bedreven gasontladingsbuis, dan blijkt, dat deze ontladingsbuis telkens, als de wisselspanning gelijk nul is, uit te gaan.

Bij hoogere frequenties is dit niet meer het geval. Met behulp eener Kerrcel is door den heer T. K. DE HAAS in ons laboratorium nagegaan bij welke frequentie voor het eerst in het geheel geen lichtfluctuatie gedurende een periode meer optreedt. Dit bleek het geval te zijn bij een frequentie gelegen tusschen 10^5 en 10^6.

Het meest merkwaardige bij deze hoogfrequente ontladingen is toch wel het optreden der reeds genoemde lage brandspanningen en dat wel bij koude electroden. Langen tijd bood dit verschijnsel groote moeilijkheden voor een verklaring der verschijnselen.

PENNING zocht een uitweg uit de moeilijkheid door aan te nemen,

dat verschillende electronen bij botsingen met de gasatomen juist hun bewegingsrichting omkeeren op het moment, waarop het electrische veld van richting omkeert. Hierdoor zou een electron dus niettegenstaande de lage aangelegde wisselspanning toch nog grootere snelheden kunnen verkrijgen.

In de laatste jaren zijn in ons laboratorium door Ir. A. C. VAN DORSTEN uitgebreide metingen en waarnemingen aan hoogfrequente ontladingen gedaan, waarbij nieuwe gezichtspunten voor de verklaring der lage mogelijke brandspanningen bij deze ontlading naar voren zijn gekomen. Uit sondemetingen is namelijk gebleken, dat bij deze hooge frequenties tusschen de platen positieve ruimtepotentialen kunnen optreden, welke veel hooger kunnen zijn dan de aangelegde wisselspanningen.

Dat bij dergelijke hoogfrequente ontladingen zulke positieve ruimteladingen kunnen optreden is ook wel door redeneering in te zien. Wij beschouwen daartoe de beweging van een electron (resp. van een positief ion) in een hoogfrequent wisselveld.

In zulk een hoogfrequentveld kan het geladen deeltje slingeringen uitvoeren om een bepaald punt.

De amplitudo van deze trilling wordt gegeven door de formule

$$x = \frac{e\ F_{max}}{M\ \omega^2}$$

Men kan zich afvragen bij welke frequentie bij een bepaald ontladingsbuisje, de amplitudo van een positief neonion gelijk wordt aan de halve plaatafstand.

Voor een plaatafstand van 2 cm en een topspanning van 300 V blijkt dit het geval te zijn voor een frequente $\nu = 4{,}24.10^5$ Hertz, dus bij een golflengte van 700 meter.

Voor een tweemaal grootere frequentie wordt de amplitudo vier maal kleiner en blijft het ion dus tusschen de platen trillen.

Een electron, waarvan de massa ongeveer 40000 maal kleiner is,

heeft dan (zie bovenstaande formule voor de amplitudo) nog een veel grooter amplitudo.

Terwijl de positieve ionen tengevolge van het hoogfrequente wisselveld in een bepaald frequentiegebied de electroden niet meer kunnen bereiken, is dit met de electronen wel het geval. Dit geeft dus aanleiding voor het optreden van positieve ruimteladingen.

Zoo gezegd is het bestaan dezer positieve ruimteladingen bij hoogfrequente ontladingen in het overgangsgebied waar de brandspanningen sterk afnemen met de frequentie door VAN DORSTEN met behulp van sondemetingen volgens LANGMUIR aangetoond. Zoo werd bij een buisje met electrodenafstand 20 mm, een neondruk van 5 mm en een frequentie van de wisselspanning gelijk aan 6.10^7 een brandspanning van 13,6 V gemeten, terwijl in het midden van de gebruikte ontladingsbuis (afgezien van de wisselspanning) een ruimtepotentiaal gemeten werd groot 21 Volt.

Een ander (zichtbaar) bewijs voor het optreden van deze positieve ruimteladingen werd gevonden in de volgende waarneming.

Wordt een boven beschreven ontladingsbuisje bedreven op een wisselspanning met een frequentie van ongeveer 3.10^6, dan kan men bij geschikt gekozen condities bij elk van de beide electroden een reeks van twee, drie of vier lichtende laagjes waarnemen, welke onderling door donkerder gedeelten gescheiden zijn; de ruimte tusschen de electrode en de eerste laag is volkomen donker.

Deze lichtende laagjes zijn geheel analoog aan die, welke bij zeer zwakke gelijkstroomontlading het eerst door HOLST en OOSTERHUIS werden waargenomen. Uit metingen aan genoemde buis met gelijkspanning bleek het potentiaalverschil tusschen twee laagjes ongeveer 20 volt te zijn.

Het optreden van drie zulke laagjes bij de electroden bij een hoogfrequente ontlading bewijst dus, dat in dit geval bij deze electroden een potentiaalval optreedt van 80 volt, een potentiaalval te danken aan de optredende ruimteladingen.

Op deze wijze is dus ook duidelijk geworden, dat in de buis

electronen kunnen voorkomen met grootere snelheden dan welke aan het wisselveld ontleend kunnen worden.

2°. loopende striae in de positieve zuil.

In een gasontladingsbuis noemt men het gebied tusschen de donkere ruimte van FARADAY en de anode de positieve zuil.

Deze positieve zuil, welke zoowel bij een buis met koude kathode als in een buis met warme kathode optreedt, als de buis voldoende lang is, kan in verschillende vormen voorkomen.

De positieve zuil kan homogeen zijn of gestrieerd.

Gestrieerde zuilen, met stilstaande striae, treden vooral op, als de buis met een molecuulgas gevuld is; echter kunnen bij edelgassen in bepaalde druk-stroomgebieden ook stilstaande striae voorkomen; deze worden echter naar de anodezijde steeds onscherper, terwijl zelden meer dan een vijftal lagen te onderscheiden zijn.

De positieve zuil eener edelgasontlading is vaak slechts schijnbaar homogeen. Bekeken in een draaiende spiegel blijkt, dat de zuil inderdaad gelaagd is doch dat deze striae zich met een snelheid van 20 tot 10000 meter per secunde (afhankelijk van de druk en de stroom in de buis) in een richting van anode naar kathode bewegen.

Een andere vorm, waarin de positieve zuil nog voorkomen kan, is de gecontraheerde zuil. Deze contractie van de zuil treedt des te sterker op naarmate de druk in de buis grooter is.

Metingen aangaande de loopsnelheid der striae dateeren reeds van het jaar 1925. R. WHIDDINGTON mat deze loopsnelheid als functie van de druk van het gas in de buis en C. SAMSON als functie van druk en buisdiameter.

Uit deze metingen bleek, dat in eerste benadering de loopsnelheid der striae omgekeerd evenredig met de druk toenam, hetgeen de gedachte suggereerde de loopsnelheid der striae in verband te brengen met de beweeglijkheid der positieve ionen, welke ook omgekeerd evenredig met de druk toeneemt.

In den laatsten tijd zijn genoemde metingen zoowel in het

Philips-laboratorium te Eindhoven door W. ELENBAAS als in het laboratorium voor Technische Physica te Delft door Mej. B. VAN MAANEN uitgebreid door tevens de loopsnelheid der striae na te gaan als functie van de stroomsterkte.

Uit de metingen van Mej. VAN MAANEN bleek, dat de loopsnelheid der striae niet eenduidig door den stroom bepaald is, doch dat bij eenzelfde stroomsterkte de loopsnelheid nog afhangt van het aantal striae in de buis. Het bleek namelijk, dat dit aantal bij een en dezelfde stroomsterkte verschillend zijn kan.

Bij verandering van de stroomsterkte verandert het aantal lagen per buislengte sprongsgewijze, terwijl de metingen leerden, dat een sprongsgewijze verandering van de loopsnelheid daarmede gepaard gaat. (Zie de binnenkort te verschijnen publicatie van Mej. B. VAN MAANEN in Physica).

Terwijl in een homogene zuil de ruimtepotentiaal vrijwel lineair van het begin der positieve zuil naar de anode toeneemt en in de as van de buis de electronentemperatuur, de electronen- en ionenconcentraties constant zijn (onafhankelijk van plaats en tijd) is dit in een zuil met loopende striae niet meer het geval.

Ruimtepotentiaal zoowel als electronen- en ionenconcentraties vertoonen minima en maxima als functie van de plaats (op een zelfde tijdsmoment) en als functie van de tijd (op éénzelfde plaats).

In den laatsten tijd zijn in ons laboratorium aangaande deze grootheden uitvoerige metingen verricht door OOSTERKAMP en Mej. VAN MAANEN in het bijzonder wat betreft de potentiaalverschillen, welke optreden tusschen potentiaalminimum en potentiaalmaximum bij loopende striae en de electronentemperaturen in die minima en maxima. Voor de methoden en resultaten dezer metingen verwijzen wij ook naar reeds genoemd artikel.

SCHOTTKY en LANGMUIR hebben eene theorie van de homogene zuil gegeven, aannemende, dat de concentratie der positieve ionen en die der electronen gelijk is en dat de electronen een Maxwellsche snelheidsverdeeling bezitten, welke constant is langs de zuilas.

DRUYVESTEYN heeft getracht deze theorieën uit te breiden voor de zuil met loopende striae. (Zie Physica 1, 273, 1934).

Verschillende bijzonderheden der loopende striae blijven echter nog onverklaard.

Op een bijzonderheid der loopende striae willen wij nog wijzen.

Wordt een ontladingsbuis plotseling met voldoend hooge spanning ingeschakeld, dan is op het eerste moment de zuil homogeen. Spoedig echter ontstaan aan de kathode zijde striae, welke zich in de richting van de kathode bewegen. Met verloop van de tijd ontwikkelen zich meerdere striae naar de anodezijde totdat de geheele zuil gevuld is met striae, welke regelmatig van anode naar kathode bewegen. De tijd tusschen inschakelen en het moment, dat de buis gelijkmatig met striae gevuld is, bedraagt ongeveer een duizendste secunde. Terwijl in de bestaande literatuur het ontstaansmechanisme der loopende striae aan de anode gezocht werd, blijkt uit genoemde waarnemingen, dat de loopende striae zich eerst aan de kathode zijde ontwikkelen.

3°. natriumlampen.

Verschillende der thans tot ontwikkeling gebrachte natriumlampen werden gedemonstreerd. Voor de eigenschappen dezer natriumlampen verwijzen wij de lezers naar de voordracht gehouden door Prof. Dr. G. HOLST voor de Afdeeling voor Electrotechniek en Technische Natuurkunde van het Kon. Instituut van Ingenieurs op 29 September 1933 te Maastricht. Deze voordracht is verschenen in de Ingenieur No. 52, 1933.

4°. de Geigerteller.

De Geigerteller bestaat uit een geïsoleerde metaaldraad coaxiaal aangebracht in een metalen cylinder met gasvulling.

Bij geschikt gekozen druk wordt de electrische spanning zoo ingesteld dat deze spanning net niet hoog genoeg is, om doorslag te bewerken. Komt een snel α-deeltje in de teller of wordt door

invallend ultraviolet licht een electron uit den cylinderwand vrij gemaakt, dan worden de gasmoleculen in de cylinder geïonizeerd. De dientengevolge optredende kleine verandering in de veldverdeeling is nu voldoende, om doorslag tusschen draad en cylinder te doen plaats hebben. Een kleine ontladingsstoot treedt op, waarna de ontlading weer uitdooft. Na deze ontlading worden draad en cylinder weer opgeladen en bij een nieuw invallend ionizeerend deeltje of lichtquant kan het spel opnieuw beginnen.

ZONNEVLEKKEN

door

Dr. M. MINNAERT.

Wanneer de zon ondergaat in een laag van nevel, kan men soms haar oppervlak met het onbeschermde oog rustig aanschouwen, daar haar licht gedempt is, terwijl toch haar omtrek scherp en duidelijk zichtbaar blijft. Bij zulke gelegenheden komt het voor dat men een klein, zwart puntje op de zonneschijf onderscheidt: dat is dan een groote zonnevlek. Een onderzoek van de British Astronomical Association heeft aan 't licht gebracht, dat goede waarnemers in jaren van veel zonnevlekken op bijna de helft van het aantal waarnemingsdagen één of meer vlekken met ongewapend oog konden ontdekken, mits gebruik te maken van een stuk rookglas!

Zoo kan men begrijpen dat reeds lang vóór de uitvinding der kijkers afzonderlijke waarnemingen voorkwamen van het verschijnsel der zonnevlekken: bij de Chineezen, aan het hof van Karel den Groote, in het klooster te Nisjni-Novgorod. Het was echter GALILEÏ, in 1610, die met behulp van zijn kijker voor het eerst de zonnevlekken duidelijk te zien kreeg, en door stelselmatige waarneming ontdekte dat ze een algemeene beweging vertoonen, die erop wijst dat de zon om hare as draait. In 14 dagen ongeveer trekt een vlek over de zonneschijf, en weer 14 dagen nadat ze achter den rand verdwenen is, verschijnt ze aan den anderen kant weer; blijkbaar wentelt de zon dus om haar as in den loop van bijna een maand. Verschillende tijdgenooten van GALILEÏ gaven

zich veel moeite om systematisch den loop van een groot aantal vlekken op te teekenen. Dergelijke waarnemingen leerden, dat de vlekken meestal in paren verschijnen; de twee componenten van zulk een paar groeien gelijktijdig, na eenigen tijd verdwijnt meestal de ééne vroeger dan de andere. Verder vond men, dat de vlekken in twee gordels voorkomen aan beide zijden van den evenaar, op elk halfrond ongeveer tusschen den 10-den en den 30-sten breedtegraad. Het uitzicht van een zonnevlek kon echter slechts in al zijn bijzonderheden onderzocht worden na de uitvinding van de moderne kijkers en zonnetorens. Zij bestaat in het algemeen uit een *kern*, omgeven door een *halfschaduw*. De lichtkorreltjes, die het geheele zonsoppervlak bedekken, zijn in de halfschaduw straalsgewijs uitgerekt. Over de kern ziet men roze sluiers en „lichtbruggen". Al deze bijzonderheden kunnen photografisch vastgelegd worden.

De temperatuur der zonnevlekken.

De temperatuur der zonsoppervlakte is te bepalen uit de straling die we van haar ontvangen. Als men in het laboratorium een zwart lichaam verhit, neemt men waar dat het des te helderder gloeit naarmate de temperatuur hooger wordt, en men kan theoretisch en experimenteel de wet vinden die dat verband nauwkeurig beschrijft. Om nu een zwart lichaam zóó helder te doen stralen als de zonsoppervlakte dat doet, moet het tot ongeveer 5700° verhit worden; een dergelijke temperatuur overtreft de kritische temperatuur van alle bekende stoffen, zoodat er geen twijfel aan kan zijn dat de zon gasvormig is. Terloops moge worden opgemerkt, dat de afstand waarop we ons van de zon bevinden geen invloed heeft op de helderheid die haar oppervlak ons vertoont, dus in de redeneering niet tusschenkomt; ook de aard der stoffen waaruit ze bestaat doet niet ter zake, daar in voldoende dikke laag alle stoffen als „zwart" zijn te beschouwen.

Passen wij nu dezelfde methode van temperatuurbepaling op de

vlekken toe! De zonnevlekken zijn niet zoo geheel donker als men denken zou; de helderheid van de kern is ongeveer een tiende tot een vijfde van de helderheid der omringende zonneschijf. Hieruit volgt dan dat de temperatuur ongeveer 4500° zou zijn. Deze schatting wordt nog op andere wijze bevestigd: naarmate een lichaam een hoogere temperatuur heeft, is het meer „witgloeiend", terwijl het bij daling der temperatuur veeleer „roodgloeiend" wordt. In overeenstemming hiermee zijn de zonnevlekken inderdaad roodachtig van kleur, vergeleken met de zonsoppervlakte, en wel ongeveer zooveel als met de temperatuur overeenkomt die we uit de helderheid hadden geschat.

De samenstelling der zonnevlekken.

De samenstelling van een hemellichaam onderzoekt men met den spektroskoop. Als dit toestel gericht wordt naar een lichtbron, ziet men in het veld een gekleurden lichtband, een „spektrum", met een aantal lichte of donkere lijntjes welke kenmerkend zijn voor de gassen die zich in de lichtbron bevinden. Zoo leert het onderzoek der zon, dat dit hemellichaam in den spektroskoop dezelfde lijnen vertoont die waterstof, ijzer, calcium, magnesium, nikkel, enz. in het laboratorium vertoonen; waaruit volgt dat zij dus deze zelfde stoffen bevat. De elementen kunnen onder drie vormen in de lichtbronnen voorkomen: als *ionen*, dit zijn atomen die een electron verloren hebben en positief geladen zijn; als ongeladen *atomen*; als *molekulen*, die uit verbindingen van atomen bestaan. Elk dezer soorten deeltjes heeft voor een bepaald element zijn kenmerkende spektroskopische lijnen. Men vindt, dat veel stoffen op de zon zoowel door ionen als door atomen vertegenwoordigd zijn, maar dat er slechts weinig in molekuulvorm voorkomen. Blijkbaar is de temperatuur van de zon zóó hoog, dat door de geweldig sterke straling en de botsingen der deeltjes tegen elkaar de meeste molekulen zijn stuk gesprongen en in

atomen uiteengevallen, en dat zelfs van veel atomen een elektron afgerukt is. Dat is een geheel andere toestand dan op aarde, waar we gewoon zijn bijna uitsluitend met molekulen te maken te hebben.

Onderzoeken wij nu het spektrum der vlekken, dan vinden we dat de spektraallijnen hier een beeld vertoonen dat nogal afwijkt van dat van het gewone zonnespektrum; op het eerste gezicht zou men geneigd zijn te vermoeden, dat andere elementen in de vlekken voorkomen dan ernaast. Bij nader onderzoek blijkt echter, dat de afwijkingen alleen dáárop neerkomen, dat van sommige elementen de ionen overgegaan zijn in atomen, of de atomen in molekulen. Dat is precies wat men zou verwachten bij overgang tot een lagere temperatuur. Men kan de samenstelling van den dampkring der zon en van de vlek zelfs quantitatief vergelijken, door de sterkte der spektraallijnen te meten; het is duidelijk dat, bij overigens gelijke omstandigheden, een spektraallijn des te sterker zal zijn naarmate meer deeltjes haar uitzenden of opslorpen; met behulp van een weinig theorie is zelfs de juiste concentratie van het betreffende gas vrij goed te berekenen. Men vindt aldus dat de vlekgassen binnen de waarnemingsfouten quantitatief dezelfde samenstelling hebben als de overige deelen van de zon, en dat het alleen tengevolge der lagere temperatuur is dat hun spektrum zich schijnt te onderscheiden van het normale zonnespektrum.

De opstijgende beweging der vlekgassen.

Hoe komt het nu dat er in de zonnevlekken een temperatuur heerscht die ruim 1000° lager is dan die der omgeving; en hoe is het mogelijk dat dit temperatuurverschil zich dikwijls gedurende weken of maanden blijft handhaven, terwijl een ontzaglijk sterke straling in alle richtingen door deze ruimte gaat? Om dit te verklaren lag het voor de hand, aan dergelijke gevallen op aarde te denken: de voornaamste bron van afkoeling in onzen dampkring is het opstijgen van luchtmassa's, die „adiabatisch" uitzetten als ze in

hoogere lagen komen, waar de drukking geringer is, en daardoor afkoelen. Het is welbekend hoe omgekeerd een sneldalende luchtstroom den warmen föhnwind vormt. Zoo denkt men zich nu ook de vlekken ontstaan door een opstijgenden stroom in den dampkring der zon, welke stroom door adiabatische uitzetting kouder wordt dan de omgeving, en tenslotte met een aanzienlijk verlaagde temperatuur aan het oppervlak uitkomt.

Intusschen — dit was nog slechts een hypothese. Juist in den laatsten tijd is te Utrecht getracht daar een toetsing voor te verkrijgen; met behulp van de zeer mooie inrichting voor het waarnemen der zon welke wijlen Professor W. H. JULIUS daar heeft gebouwd, heeft Dr. WANDERS gemeten hoe de helderheid van de kern eener vlek verandert als de vlek zich eerst in het centrum der zonneschijf bevindt, en dan dichter en dichter bij den rand komt. Het is daarbij gebleken dat de waargenomen helderheidsverandering *niet* overeenstemt met wat men zou moeten zien als men onder verschillende hoeken in een adiabatisch opstijgende zuil kijkt. De in de laatste jaren algemeen aangenomen hypothese van den opstijgenden stroom in de vlek behoeft dus een herziening, en wel waarschijnlijk in dien zin, dat de opstijgende beweging in de oppervlaktelagen reeds tot stilstand gekomen is, en dat onze blik niet diep genoeg in de vlek doordringt om de snel opstijgende zuil zelve te kunnen waarnemen.

Deze voorstelling klopt uitstekend met de stroomingen die men in de buurt van een vlek heeft gevonden. De spektroskoop dokumenteert iedere beweging der lichtbron van ons af of naar ons toe, door een kleine, nauw merkbare verschuiving van de spektraallijnen. En zoo had men al gevonden dat de gassen in de omgeving van de vlek van daar *zijdelings* wegstroomen, terwijl men geen spoor vindt van een *opstijgende* beweging; de snelheid van die strooming is van de orde van een paar Kilometer per sekunde, wat voor een zonneverschijnsel wel matig is te noemen. Blijkbaar is dus de opstijgende gasstroom aan den bovenkant der vlek

horizontaal afgebogen, en is dit de verklaring voor het ontbreken van adiabatische uitzetting in de rechtstreeks zichtbare lagen.

De wervelbeweging in de zonnevlekken.

Er is nu een geheel andere groep verschijnselen die men aan zonnevlekken waarneemt, en die ons ertoe brengt aan te nemen dat de gassen in de vlek voortdurend aan het wervelen zijn. Vooreerst is het de verwonderlijke stabiliteit van zulk een zonnevlek, die herinnert aan de stabiliteit van waterwervels en van de barometrische minima in onzen dampkring. Een veel belangrijker argument levert echter weer de spektroskoop. Men wist al lang dat de spektraallijnen in de vlek er ietwat anders uitzien dan normaal: ze zijn duidelijk verbreed, soms kan men ze zelfs verdubbeld zien. Nu kwam HALE op de gedachte, dat die verdubbeling misschien ontstond door een magnetisch veld in de vlek, op dezelfde wijze als ZEEMAN dit in het laboratorium gevonden heeft. Een natriumvlammetje, tusschen de polen van een sterken electromagneet geplaatst, geeft in den spektroskoop lijnen die dubbel zijn als men in de richting van de magnetische krachtlijnen kijkt; het worden tripletten als men loodrecht op de krachtlijnen kijkt. Door een zeer sterken spektrograaf te gebruiken vond HALE, dat de spektraallijnen van sterke zonnevlekken dubbel zijn wanneer de vlek zich in het centrum der zonneschijf bevindt en men er volgens de aslijn in kijkt, terwijl zij drievoudig worden wanneer deze zelfde vlek tot den rand van de zon nadert en men loodrecht op de aslijn kijkt. De componenten van deze dubbele of drievoudige lijnen vertoonen zeer kenmerkende polarisatieverschijnselen die identiek zijn met die welke men in 't laboratorium kent en theoretisch verklaren kan. Uit den afstand der componenten kan men de veldsterkte schatten die in een zonnevlak heerscht; men vindt daarvoor waarden van eenige honderden tot eenige duizenden gauss, een heel veel grootere veldsterkte dus dan die van het magneetveld der aarde, maar toch

weer aanmerkelijk kleiner dan die van de velden welke wij in het laboratorium kunnen maken.

De oorsprong van het magnetische veld in zonnevlekken moet te zoeken zijn in elektrische wervelstroomen die om de as van de vlek draaien. De gassen zijn zoo sterk verhit, dat een groot gedeelte der atomen in positieve ionen en negatieve electronen gesplitst zijn; en men kan min of meer aannemelijk maken dat er dan in de vlek een overmaat van de elektronen moet ontstaan. Een wervelwind die de elektronen kringen doet beschrijven is vrijwel in elk opzicht hetzelfde als een elektrische stroom in een spoel, en veroorzaakt hetzelfde magnetische veld. Zoo is dus de magnetische splitsing der lijnen in het vlekspektrum tevens het bewijs voor het bestaan van wervelende bewegingen der gassen in de vlek. Natuurlijk is het van groot belang te weten te komen welken draaiingszin de beweging heeft; dat gebeurt met een toestelletje, samengesteld uit een nicol en een kwartgolflengteplaatje, waardoor men de lijn bekijkt die in de vlek gesplitst is: al naar gelang hierdoor de rechter of de linker componente wordt uitgedoofd, kan men besluiten dat de draaiing met of tegen den zin van het uurwerk gebeurt. Een uitvoerig onderzoek heeft geleerd, dat alle vlekparen op het noordelijk halfrond bestaan uit een rechtsdraaiende gevolgd door een linksdraaiende vlek; terwijl op het zuidelijk halfrond een linksdraaiende gevolgd wordt door een rechtsdraaiende. Telkens na 11 jaar slaan alle teekens van deze draaiingen plotseling om! Voorwaar een hoogst merkwaardige en belangwekkende wet, die door het onderzoek van duizenden vlekken boven elken twijfel verheven is.

Een oogenblik heeft men gemeend, dat het bestaan van wervelingen in de vlekken een sterken steun kreeg door de ontdekking van spiraalvormige „stroomlijnen" op spektroheliogrammen (= foto's van de zon in éénkleurig licht). Weldra bleek echter, dat deze stroomlijnen slechts bij uitzondering waar te nemen zijn, en dat hun draaiing *niet* alle elf jaar omslaat, dus evengoed niet

als wèl kan overeenkomen met den draaiingszin van den elektrischen wervel. Waarschijnlijk maken deze strukturen dus niet rechtstreeks deel uit van de zonnevlek; het is bekend dat de spektroheliogrammen ons een beeld geven van de hoogste lagen van den dampkring der zon, en het lijkt wel begrijpelijk dat de gassen daar toestroomen naar het minimum van drukking dat in een wervel altijd heerscht, en dat het van toevallige kleine asymmetrieën afhangt of daarbij geringe rechts- of linksdraaiende bewegingen ontstaan. Met den eigenlijken vlekwervel hebben die veel hooger gelegen stroomingen echter niets te maken.

Wanneer wij samenvatten wat we weten van de beweging der gassen in een zonnevlek, komen we tot het resultaat, dat ze zoowel een *opstijgende* als een *wervelende* beweging vertoonen; we besluiten dat ze waarschijnlijk *volgens schroeflijnen* opstijgen.

De elfjarige periode der zonnevlekken.

Teekent men elken dag op hoeveel vlekken de zon vertoont, dan vindt men uitgesproken maxima om de 11 jaar, en daartusschen gelegen minima; in sommige jaren zijn er praktisch gesproken geen vlekken, terwijl in andere jaren bijna dagelijks mooie groepen te zien zijn. De maxima en minima zijn even duidelijk als men niet let op het aantal, maar op het totale oppervlak dat met vlekken bedekt is; ze treden zoowel voor het zuidelijk als voor het noordelijk halfrond der zon op. Gedurende elken cyclus verandert de gemiddelde breedte der vlekken op stelselmatige wijze: de eerste vlekken ontstaan vrij ver van den evenaar der zon, en geleidelijk komen zij er dichter en dichter naartoe, des te meer naarmate de 11-jarige cyclus zich ontwikkelt; de laatste vlekken, omstreeks het nieuwe minimum, zijn dan vlak bij den evenaar gevormd. Een individueele vlek vertoont een dergelijke verplaatsing in den loop van haar bestaan niet, maar de opeenvolging van de verschillende vlekken wel. De duur van zulk een zonnecyclus is niet zeer nauw-

keurig 11 jaar, soms kan het een paar jaar korter, soms een paar jaar langer zijn, ook de vorm van de kromme is wisselend. De protuberansen, de fakkels en andere verschijnselen van het zonsoppervlak vertoonen dezelfde periodiciteit, zelfs de corona wisselt van vorm en uitgestrektheid.

Deze wisselingen in de werkzaamheid der zon moeten voor de aarde van het grootste belang zijn, want we zien dat allerlei aardsche verschijnselen dezelfde elfjarige periodiciteit vertoonen: het noorderlicht; de schommelingen van het aardmagnetisme; de luchtelektriciteit; temperatuur, luchtdruk, regenval en andere klimatologische gegevens; plantengroei; opbrengst van den oogst; prijs van de tarwe; kwaliteit van den wijn (!); hongersnood. Voor de eerste der genoemde verschijnselen is de periodiciteit zeer duidelijk en goed bewezen, voor de andere is er eenige twijfel en is het verband blijkbaar onrechtstreeksch en ingewikkeld. Het optreden van de elfjarige periode verraadt als het ware dat deze aardsche verschijnselen door de zon beïnvloed worden, en niet door de *straling* van de zon (want die vertoont de periodiciteit niet), maar door een ander agens. Die invloed schijnt niet zoozeer uit te gaan van de vlekken, als van de fakkels en protuberansen die de vlekken gewoonlijk vergezellen; stroomen zeer ijl gas zouden van daar uitgeschoten worden door de wereldruimte, met een aanzienlijke snelheid. Deze gasdeeltjes bereiken ook den dampkring der aarde, botsen daar tegen de luchtdeeltjes van de hoogste atmosferische lagen, ioniseeren die en maken ze geleidend. Op die wijze moeten de gasstroomen die door de zon worden uitgezonden invloed hebben op de luchtelektriciteit, daardoor op het weer en op het klimaat, en tenslotte ook onrechtstreeks op den plantengroei en de menschelijke economie.

Als men ons vraagt wat de oorzaak is voor deze merkwaardige elfjarige periode in de zonneverschijnselen, dan moeten we bekennen dat we daar bitter weinig van weten. Natuurlijk zal het optreden van zonnevlekken wel samenhangen met het stelsel der

stroomingen in het inwendige van de zon; maar over die stroomingen weten we zeer weinig. Hier komen wij tevens aan de meest fundamenteele vraag: „waarom ontstaat een zonnevlek precies hier en op dit oogenblik? Wat is de diepere oorzaak voor het optreden van een zonnevlek?" En terwijl wij den bouw en het mechanisme der vlek al aardig beginnen te overzien, kunnen we op dèze vragen nog geenszins bevredigend antwoorden. Dat zal eerst mogelijk zijn als we veel meer weten over de zon als geheel, waarvan de vlekken slechts één enkele uitwendig zichtbare eigenaardigheid uitmaken.

Ik hoop dat het mij gelukt is U te laten zien, aan dit bijzonder daartoe geschikte onderwerp, hoe onze voorstellingen omtrent de zon geenszins berusten op wilde fantasie, zooals de buitenstaander zich maar al te dikwijls den gedachtengang van den astrophysicus voorstelt. Wij steunen op een groot aantal feiten, één voor één na langen arbeid ontdekt, door nauwkeurige metingen gepreciseerd, door theoretisch onderzoek met elkaar vergeleken, en tenslotte voorzichtig en kritisch samengevat. De fantasie is daarbij onze wegwijzer, maar wij trachten ze te beheerschen met een rustigen, onbevooroordeelden geest, die onophoudelijk naar waarheid streeft. Dat we daarbij dikwijls moeten erkennen iets niet te weten, hoeft ons niet te ontmoedigen.

„Het leven is kort, de kunst is lang".

VOORTPLANTING VAN DE OMROEPGOLVEN OVER NEDERLAND

door

BALTH. VAN DER POL.

In verband met het onderwerp van hedenavond ligt de vraag voor de hand: „Waarom gebruikt men golven in de moderne draadlooze telegrafie?" Het antwoord op deze vraag is te vinden in de historie. In 1842 nl. deed MORSE, welbekend door zijn uitvinding van het Morseschrift, reeds proeven, waarbij signalen werden overgebracht tusschen een zender en een ontvanger, zonder dat een directe metalen verbinding tusschen de beide punten aanwezig was. Aan de zendzijde werden daarbij op een zekere afstand twee platen in de grond aangebracht, waartusschen een electrische spanning werd onderhouden, zoodat een stroom in de aarde ging loopen. Deze stroom werd op een betrekkelijk kleine afstand opgevangen door twee andere platen in de grond, die met een galvanometer waren verbonden en op deze wijze diffundeerde dus de stroom van de zender naar de ontvanger. Deze methode van seinen is weer herleefd tijdens de oorlog en is bekend onder de naam T. P. S., Télégraphie par sol.

Het zal zonder meer duidelijk zijn, dat op deze wijze slechts kleine afstanden kunnen worden overbrugd en de theorie doet zien, dat de ontvangen stroomen omgekeerd evenredig zijn met de derde macht van de afstand, dit in scherpe tegenstelling met het gebruik van golven, in welk laatste geval de amplituden van deze golven, wanneer ze zich ongestoord kunnen uitbreiden, evenredig zijn met de eerste macht van de afstand; derhalve nemen de

golven veel langzamer in intensiteit af dan bij de proeven van Morse het geval was.

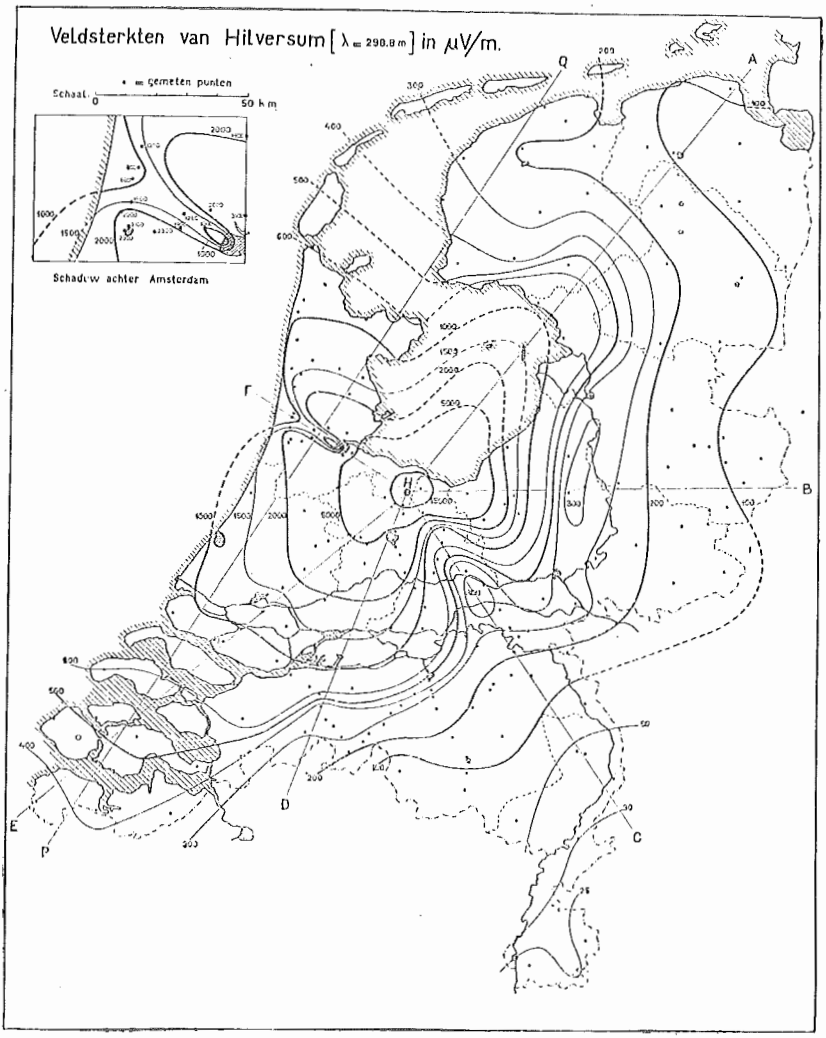
Het bestaan van electromagnetische golven werd op theoretische gronden voorspeld door JAMES CLARK MAXWELL (1831—1879), terwijl deze golven het eerst experimenteel werden aangetoond in 1887 door HEINRICH HERTZ, die met inductieproeven bezig was en daarbij bemerkte, dat de ontvangketen veel verder van de zender weggeplaatst kon worden dan hij in eerste instantie vermoedde. Al spoedig had hij echter het inzicht, niet meer met inductieproeven doch met golfproeven bezig te zijn.

Interessant is het daarbij op te merken, dat het de aandacht trok van Hertz, dat de kleine vonkjes in zijn ontvanger eerder oversprongen wanneer op de koperen vonkbolletjes licht viel en hij herkende dit direct als een nieuw physisch verschijnsel; zijn publicaties hierover verschenen vóór die aangaande zijn fundamenteele onderzoekingen over electromagnetische golven. Dit photoelectrisch effect vormt de basis van alle moderne televisie-experimenten, terwijl, zooals welbekend, de geheele radiotelegrafie en -telefonie berust op het gebruik van de door Hertz het eerst aangetoonde electromagnetische golven.

Hoe een golf zich voortplant werd tijdens de lezing gedemonstreerd met behulp van een rubberbuis, waarbij onder omstandigheden de voortplantingssnelheid zoo klein is, dat de golf gemakkelijk met het oog te volgen is.

Op een afstand van 100 km of meer van een radioomroepzender, werkend in een golfband van 200—600 meter of van 1000—2000 meter, (en deze golven zullen wij hedenavond alleen beschouwen) krijgt de ontvanger „des Guten zuviel", want de golven gaan dan niet alleen rechtstreeks van de zender over de aarde naar de ontvanger maar een door de zender schuin omhoog gezonden deel der golven wordt in de ionospheer (Kennelly-Heaviside-laag) ook naar de ontvanger teruggekaatst. Door de samenwerking van deze twee golfbundels kan bij de ontvanger zoowel een versterking als

een verzwakking ontstaan, een verschijnsel dat alle radioluisteraars hebben ervaren en dat onder de naam „fading" bekend staat. Deze invloed van de ionospheer maakt het moeilijk, langs theoretische weg de intensiteit van verafgelegen radiozenders vooruit te berekenen en daarom is men voorloopig hier nog op het experiment aangewezen. In dit opzicht is zeer interessant materiaal verzameld door de Technische Commissie van de *Union Internationale de Radiodiffusion*, de Unie van vrijwel alle Europeesche Radioverenigingen of Administraties, die een omroepbedrijf exploiteeren. Gedurende eenige maanden werden ontvangstmetingen kris kras door Europa van verschillende zenders georganiseerd, zoodat een groot aantal waarnemingen van de ontvangstintensiteit, afkomstig van verschillende zenders met verschillende golflengten en op verschillende afstanden konden worden gedaan. Een samenvatting van deze metingen vertoonde spreker met behulp van een ruimtelijk met breinaalden gemaakt model, waaruit duidelijk te zien is, dat alle golven tusschen 200—2000 meter golflengte *'s nachts* op afstanden tusschen 500 en 2000 km zich ongeveer op dezelfde wijze voortplanten, terwijl het model tevens fraai doet zien, hoe de amplitude afneemt met toenemende afstand. De aldus gevonden wet is van dienst geweest op de verleden jaar te *Madrid* gehouden wereldconferentie, waar de radiogolven over de verschillende radiodiensten werden verdeeld en op de Europeesche omroepconferentie te *Luzern* (Zomer 1933), waar de beschikbare omroepgolven aan de verschillende Europeesche landen volgens de Conventie van Luzern werden toegewezen. Zooals bekend heeft Nederland deze Luzern-Conventie niet geteekend en o. i. terecht, daar de voor Holland geprojecteerde golven onvoldoende waren, zelfs voor een redelijk goede omroepdienst hier te lande en ik mag hier wel een woord van waardeering uiten aan den Voorzitter van de Hollandsche Delegatie, den Hoofdingenieur-Directeur der P. T. T. Ir. BOETJE voor de tactvolle en voorzichtige wijze, waarop hij de belangen van Nederland in Luzern verdedigde.


Veldsterkten van Hilversum [λ = 298,8 m] in μV/m.
• = gemeten punten
Schaal 0 50 km
Schaduw achter Amsterdam
A
B
C
D
E
F
G
H
P
Q

Bezien wij thans nader in detail, hoe de omroepgolven zich over Nederland uitbreiden. Zooals bekend wordt hier te lande de omroep verzorgd met behulp van een golf van 1875 meter en één van 298 meter. Uitvoerige metingen onder leiding van spreker, in 1929 verricht, waarbij een auto voorzien van een z.g. veldmeter (d. i. een instrument, waarmede de sterkte der golven kan worden bepaald), het geheele land gedurende eenige weken doorkruiste, hebben aan het licht gebracht, dat de 1875 meter golf zich over Nederland inderdaad cirkelvormig uitbreidt met een amplitude ongeveer omgekeerd evenredig aan de afstand, zooals in de inleiding reeds werd uiteengezet, zoodat alle plaatsen in Nederland, die op gelijke afstand van de Huizer 1875 meter zender liggen, in eerste benadering even sterk de zender ontvangen. Hier gaat dus alles mooi en glad, wat echter niet het geval is met de 298 meter golf van Hilversum. Men kan niet zeggen, dat deze golf zich *ongestoord* over Nederland uitbreidt, want het electrisch geleidingsvermogen van de Nederlandsche bodem is zoodanig, dat kleine stroompjes door de golf worden opgewekt, die aldus een deel van de golfenergie opeten, zoodat de 298 meter golf sneller zwakker wordt dan overeenkomt met de normale afneming van golven door hun divergentie, nl. ongeveer evenredig met de afstand. Dit blijkt ten duidelijkste uit een kaart, door spreker vervaardigd uit de op ca. 150 plaatsen in Nederland gedane opmetingen. Op deze kaart, welke hiernaast geprojecteerd is, zijn alle meetpunten door een zwarte stip aangegeven en zijn alle punten van gelijke ontvangststerkte door lijnen verbonden en deze lijnen verschillen hemelsbreed van cirkels met de zender Hilversum tot middelpunt, hetgeen het geval zou zijn, wanneer de bodemgesteldheid in Holland volledig homogeen zou zijn geweest. Op deze kaart valt ook op de diepe insnoering van de lijnen achter Amsterdam, wat een gevolg is van de absorptie van de radiogolven door de hoofdstad. Voorts blijkt, dat Limburg, wat de ontvangststerkte aangaat, er het slechts aan toe is, maar interessant is vooral, dat uit de kaart volgt, dat bijv.

de ontvangst in de buurt van Doorn en Amerongen, welke plaatsen betrekkelijk dicht bij de Hilversumsche zender zijn gelegen, even sterk is als bijv. die in Zeeuwsch-Vlaanderen. Dit is een gevolg daarvan, dat de golven zich met weinig absorptie uitbreiden over de weilanden en polders van Zuid-Holland en Zeeland, terwijl daarentegen de Utrechtsche Heuvelrug met zijn droge zandgrond de golf veel meer absorbeert en daardoor doet verzwakken.

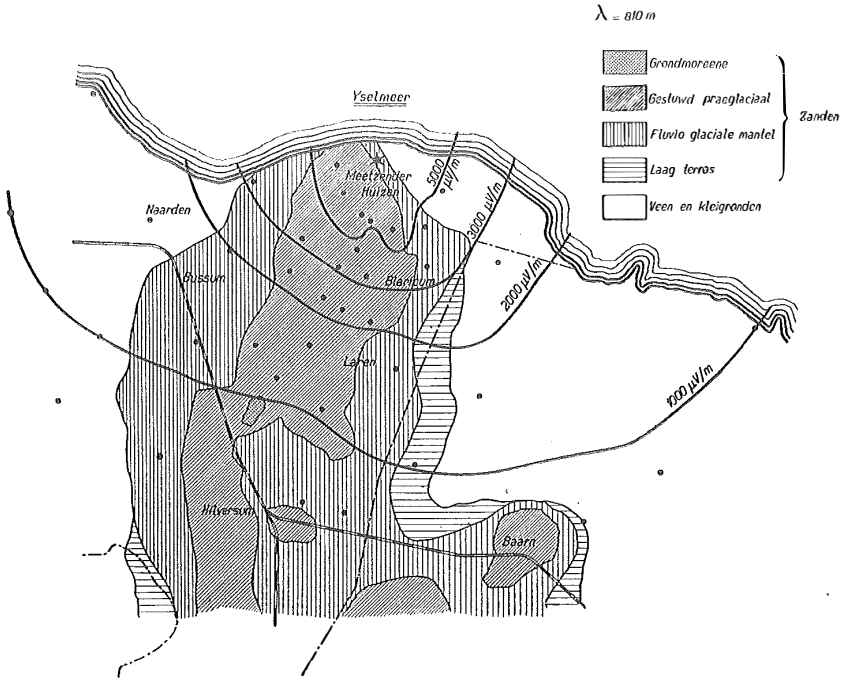
In het algemeen geldt natuurlijk, dat daar, waar de lijnen op de kaart dicht bij elkaar loopen, de absorptie groot is, omdat men daar over een kleinere afstand voortgaande reeds een groote verzwakking van het veld vindt. Een ongeveer even groote verzwakking als op de Utrechtsche Heuvelrug treffen wij aan op de zandige en relatief droge Veluwe, wederom als gevolg van het slechte geleidingsvermogen van de bodem aldaar, die een groote absorptie van de 298 meter golf veroorzaakt.

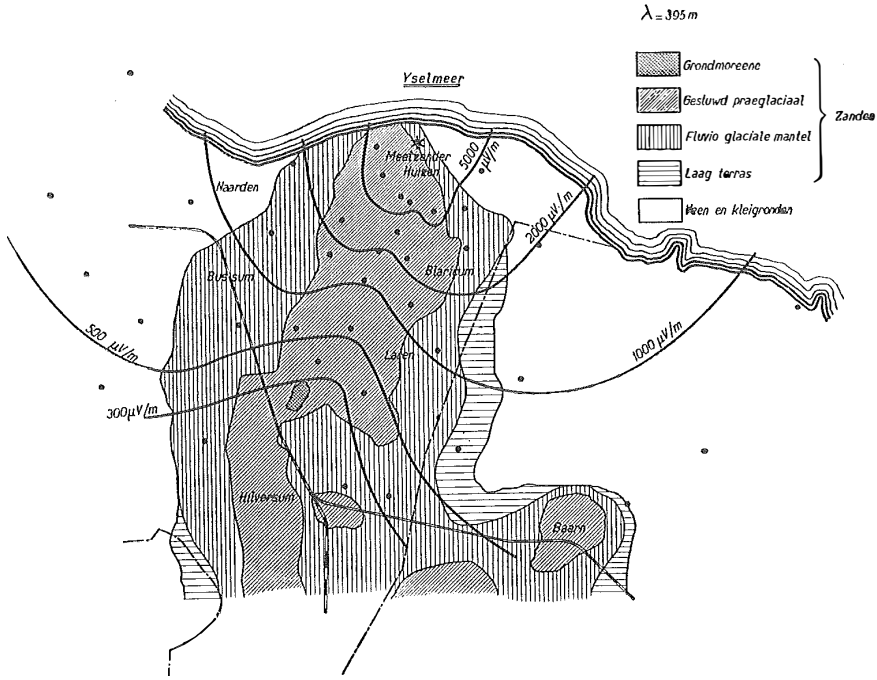
Wij lazen dan ook niet zonder verwondering twee jaar, nadat de resultaten van deze metingen waren gepubliceerd, in het 1931 Verslag van de Radioraad, dat P. T. T. een onderzoek wilde instellen aangaande de mogelijkheid van uitzending op 298 meter met behulp van een Rijkszender te Kootwijk. Het verwonderde ons echter niet, in het Verslag 1932 (pag. 32) van de Radioraad te lezen: „In zijn schrijven van 28 Januari deelde de Directeur-Generaal van de P. T. T. mede, dat het onderzoek te Kootwijk geen resultaten had opgeleverd". Dit alles was te voorzien en o. i. hadden hier tijd en kosten kunnen worden gespaard, omdat het uit metingen van reeds twee jaar tevoren bekend was, dat de Veluwe de 298 meter golf veel te veel absorbeert om een goede omroep van Kootwijk uit voor Nederland *met deze golf* mogelijk te maken. Dit geldt evenwel niet voor de golf van 1875 meter, welke thans des avonds door Kootwijk wordt gebruikt en waarmede, zooals gezegd, betere resultaten kunnen worden bereikt. Intusschen blijft de ligging van Kootwijk ook voor deze golf ongunstig, omdat deze te veel excentrisch is en een onnoodig en, volgens internationale overeenkomsten,

zelfs ongewenscht groot veld direct over de grens in Duitschland geeft, wanneer de sterkte van de zender noodzakelijkerwijs zoo hoog opgevoerd wordt, dat een redelijke ontvangst in het Westen van het land verzekerd blijft.

Bij een verdere beschouwing van onze kaart valt het voorts op, dat over de Zuiderzee de absorptie van de 298 meter golf grooter is dan men op de basis van het geleidingsvermogen, zooals dat voor zeewater bekend is, berekent. Bij nadere informatie is ons later gebleken, dat zelfs vóór het indammen van de Zuiderzee het zoutgehalte daarvan aanzienlijk lager was dan bijv. dat van de Noordzee, zoodat dit gedeeltelijk een verklaring van deze absorptie kan geven. Maar er is nog meer.

Het vermoeden bestond, dat ook het Gooi in niet onbelangrijke mate de golven kan absorbeeren en eenige maanden geleden hebben wij dienaangaande een onderzoek ingesteld, waarvan de resultaten hierbij voor het eerst worden gepubliceerd. Daartoe werd in de buurt van Huizen een kleine meetzender opgesteld, die met verschillende golflengten, nl. van 810, 395, 275 en 210 meter, kon werken, en door het geheele Gooi werden ontvangstmetingen verricht. Voor elk van de vier gebezigde golflengten werd een kaart geteekend, welke kaarten hier ook zijn afgedrukt. Tevens zijn in deze kaarten volgens de gegevens van de Rijks-Geologische Dienst de grondsoorten door arceering aangegeven en het blijkt uit deze kaart ten duidelijkste, hoe de golven meer geabsorbeerd worden naarmate hun golflengte korter is, maar vooral is het interessant op te merken, hoe goed de absorptiegebieden samenvallen met de geologische gesteldheid van de bodem. Wij hebben hier een voorbeeld voor ons van wat in Amerika heet „prospecting", nl. het onderzoek van de bodem met behulp van electrische stroomen of electrische golven. Uit deze kaart volgt derhalve, dat ook het Gooi de 298 meter golf ernstig absorbeert en aangezien dit uit reciprociteitsoverwegingen zoowel het geval moet zijn wanneer de golf van Zuid naar Noord dan wel in omgekeerde richting

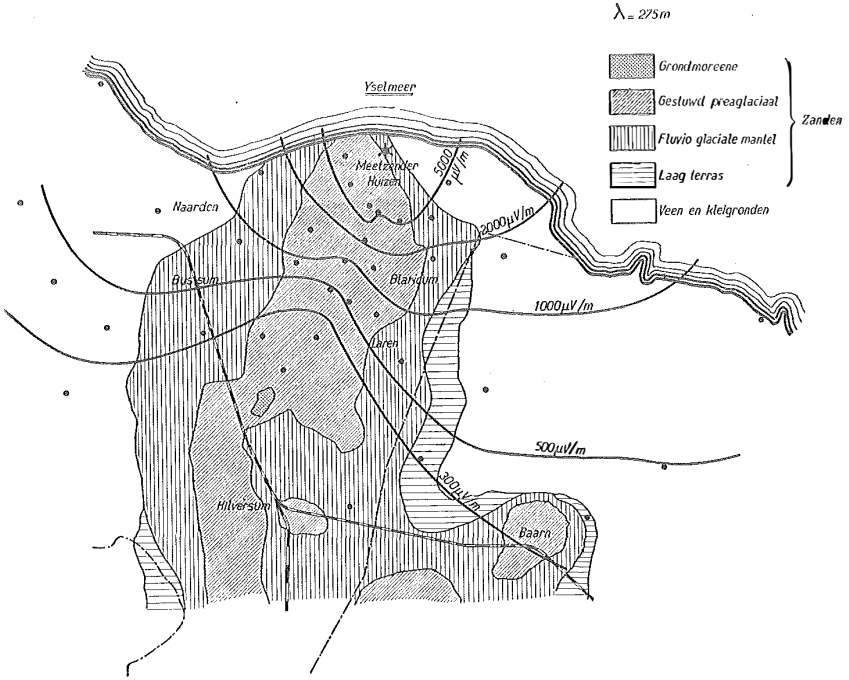

λ = 810 m
Grondmoreene
Gestuwd praeglaciaal
Fluvio glaciale mantel
Laag terras
Veen en kleigronden
Zanden
Vselmeer
Meetzender Huizen
5000 µV/m
3000 µV/m
2000 µV/m
1000 µV/m
Naarden
Bussum
Blaricum
Laren
Hilversum
Baarn

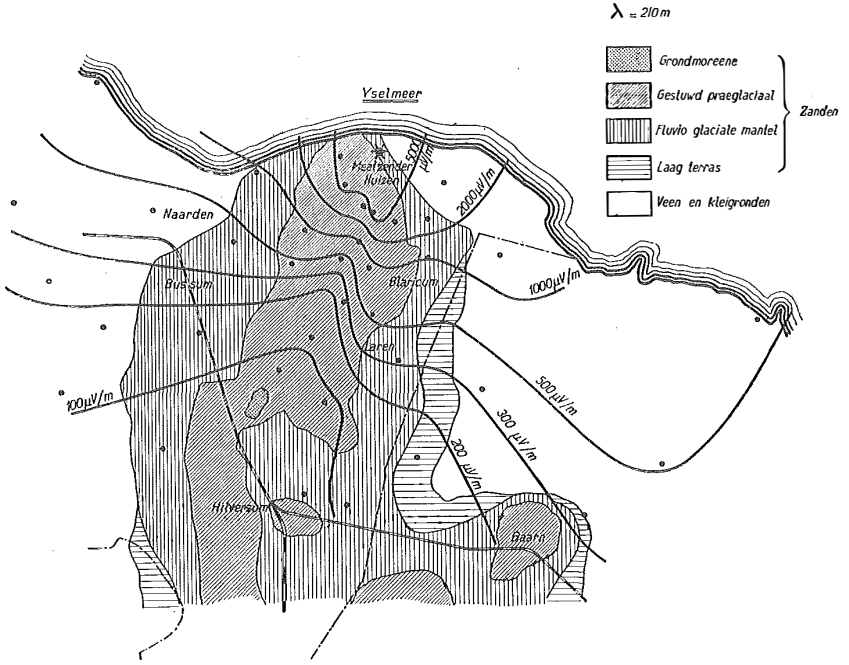

λ = 395 m
Grondmoreene
Gestuwd praeglaciaal
Fluvio glaciale mantel
Laag terras
Veen en kleigronden
Zanden
Vselmeer
Meetzender Huizen
5000 µV/m
2000 µV/m
1000 µV/m
500 µV/m
300µV/m
Naarden
Bussum
Blaricum
Laren
Hilversum
Baarn

over het Gooi loopt, vinden wij hierin tevens de verklaring voor de uitbochtingen van de niveaulijn op de Zuiderzee in figuur 1, waarbij de zender niet in Huizen, ten Noorden van het Gooi, doch in Hilversum, ten Zuiden van het Gooi, staat. Uit deze metingen volgt tevens, dat Huizen een ongeschikt zendcentrum is voor de 298 meter golf en Hilversum in dit opzicht verre te prefereeren, terwijl door hun centrale ligging zoowel Huizen als Hilversum voor het gebruik van de 1875 meter golf uitstekend als zendcentra geschikt zijn.

Boven werd reeds kort als oorzaak van het fadingverschijnsel genoemd de straling, die van een zender onder een hoek met de horizon uitgaat. Het is ter reduceering van de fading derhalve van belang, deze schuin omhoog gerichte straling zooveel mogelijk tegen te gaan en theoretisch kan worden aangetoond, dat deze ongewenschte straling aanmerkelijk kan worden gereduceerd door verhooging van de zendantenne. Daartoe werd ruim een jaar geleden voor de Hilversumsche zender een nieuwe mast gebouwd ter hoogte van 140 meter met een gewicht van 28 ton, die niet dienst doet als drager van een antenne, maar die zelf als antenne fungeert, nadat door proeven in het laboratorium vooruit was vastgesteld, dat de hoogfrequente stroomen in een dergelijke mast niet te veel verliezen ondergaan. Tevens werd bij deze gelegenheid de 298 meter zender te Hilversum gemoderniseerd en versterkt. Uitvoerige vergelijkende metingen, te Eindhoven verricht, van de fading des avonds zoowel van de golven uitgezonden door de oude antenne als door de nieuwe mast, hebben een goede bevestiging gegeven van de op theoretische gronden verwachte vermindering van de fading, zoodat door de in gebruikneming van deze nieuwe antenne een aanzienlijke verbetering van de ontvangst in Holland kon worden geconstateerd.

Tenslotte zouden wij nog een enkel woord willen wijden aan de z.g. zijband-onderdrukking. Wat hiermede bedoeld is, kan misschien op de volgende wijze worden duidelijk gemaakt. Wanneer


λ = 275 m
Grondmoreene
Gestuwd preaglaciaal
Fluvio glaciale mantel
Laag terras
Veen en kleigronden
Zanden
Vyselmeer
Meetzenden Huizen
5000 µV/m
2000µV/m
1000µV/m
500µV/m
300µV/m
Naarden
Bussum
Blaricum
Laren
Hilversum
Baarn


λ = 210 m
Grondmoreene
Gestuwd praeglaciaal
Fluvio glaciale mantel
Laag terras
Veen en kleigronden
Zanden
Vyselmeer
Meetzenden Huizen
5000 µV/m
2000µV/m
1000µV/m
500µV/m
300 µV/m
200 µV/m
100µV/m
Naarden
Bussum
Blaricum
Laren
Hilversum
Baarn

op de zender niet gesproken wordt, zendt deze een golf uit, die wel een millioen maal per seconde oscilleert, maar van welke trillingen de amplitude constant blijft. Wanneer er echter bijv. een toon van 1000 per/sec. voor de microfoon wordt gezongen, dan zal de golfamplitude zelf weer 1000 maal per seconde zwakker en sterker worden en de aldus gemoduleerde golf, die men dan verkrijgt, is volledig dezelfde als wanneer men met geschikt gekozen constante amplitude drie golven uitzond met de trillingsgetallen 1.000.000 per sec., 1.000.000 + 1000 en 1.000.000 — 1000. Bij de demonstratieproef werd dit verduidelijkt met behulp van het volgende analogon. De draaggolf van 1.000.000 trillingen wordt gesubstitueerd door de stroom van het lichtnet, die slechts 50 maal per seconde van richting verwisselt. Wanneer men nu deze stroom tweemaal per seconde, door met de hand een weerstand te verschuiven of anderszins, sterker en zwakker maakt, zullen wij wederom dezelfde resultaten krijgen als wanneer wij drie wisselstroomen superponeerden, nl. één van 50, één van 50 + 2 en één van 50 — 2 per/sec. Door de aldus gemoduleerde wisselstroom van 50 per/sec. te sturen door een frequentiemeter, die uit mechanisch afgestemde tongetjes bestaat, werd gedemonstreerd, dat niet alleen het tongetje gemerkt 50 in trilling kwam, maar ook de beide tongetjes gemerkt 50 + 2 en 50 — 2; deze laatste twee trillingen demonstreeren de aanwezigheid van wat men in de draadlooze „zijbanden" noemt. Het zal duidelijk zijn, dat (hetgeen technisch zeer wel mogelijk is) door het elimineeren van één zijband het golfgebied, dat een zender beslaat, gereduceerd kan worden. Voor eenige maanden hebben wij met ophef in de kranten kunnen lezen, dat men te Kootwijk er in geslaagd zou zijn, door de onderdrukking van zoo'n zijband de oplossing van het internationale omroepgolven-probleem te geven. Het betreft hier een uitvinding van 18 jaar geleden door JOHN R. CARSON, een Amerikaansche mathematicus, die deze vondst deed aan zijn schrijftafel, dus zonder lange masten, draaiende machines en hooge spanningen. John

R. Carson is een zeer bezadigd en knap wiskundige en ongetwijfeld ligt in deze uitvinding een diepe gedachte. De kwestie doet zich echter voor, of deze uitvinding van Carson ook geschikt is om toegepast te worden in de omroep. Dit probleem hebben wij voor twee jaar uitvoerig in het Eindhovensche laboratorium onder de oogen gezien, zoowel theoretisch als experimenteel. Ofschoon de toepassing van deze vinding van Carson voor de verbinding van een commercieele zender met een commercieele ontvanger werkelijk belangrijke besparing geeft in het door de zender gebruikte golfgebied en vermogen, kunnen wij op grond van onze eigen berekeningen en proeven niet zoo optimistisch zijn wanneer het de omroep betreft als de krantenberichten van eenige maanden geleden naar aanleiding van de proeven te Kootwijk wel deden verwachten; en wel om de volgende twee redenen:

Ten eerste zijn de omroepontvangers de laatste jaren veel verbeterd en juist die ontvangers, die het beste geschikt zijn voor de ontvangst van het gewone systeem van uitzending met beide zijbanden geven goed merkbaar gedistordeerd een uitzending weer, waarbij één zijband onderdrukt wordt. Dit feit volgt zoowel uit de theorie als uit het experiment. Vooral het gesproken woord ondergaat volgens onze proeven een goed merkbare vervorming, die nog vergroot wordt bij diepere modulatie, dus bij sterker spreken. De algemeene invoering bij de omroep van deze vinding van Carson zou dus, wanneer men goede ontvangstkwaliteit vraagt, de ombouw van alle ca. 40 millioen thans in gebruik zijnde ontvangers noodzakelijk maken.

Ten tweede: Wanneer men de door het onderdrukken van één zijband verkregen ruimte in de golfgebieden zou willen uitbuiten door de zenders nog dichter dan thans het geval is in hun frequentie bij elkaar te plaatsen, dan zouden de bestaande ontvangtoestellen, afgezien nog van het eerstgenoemde bezwaar van vervormde ontvangst, toch deze dichter bij elkaar geplaatste zenders niet kunnen scheiden bij de ontvangst, een tweede reden derhalve,

waarom alle ontvangtoestellen omgebouwd zouden moeten worden.

U ziet, dat de kansen van slagen bij de invoering in de omroep van dit op zichzelf buitengewoon mooie idee van Carson zeer gering zijn en, zooals gezegd, zijn wij dan ook aanzienlijk minder optimistisch dienaangaande dan de krantenberichten van eenige maanden geleden.

De bedoeling van deze voordracht was, een beeld te geven van de verschillende physische en technische problemen, die zich bij de uitbreiding van de golven over een land als Nederland voordoen. U hebt daarbij gezien, hoe het wetenschappelijk onderzoek deels theoretisch, deels experimenteel, te werk gaat en hoe enkele kwesties alle vrijwel volledig worden doorzien en bij andere nog menig vraagstuk ter oplossing overblijft. Ik wil dan ook sluiten met een aanhaling van één der grootste mathematici en astronomen van alle tijden, den Franschman HENRI POINCARE, die gezegd heeft: „Il n'y a plus de problèmes résolus et d'autres qui ne le sont pas: il y a seulement des problèmes plus ou moins résolus".

Eindhoven, 1 December 1933.